



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **316941**

(13) **B1**

(51) Int Cl⁷

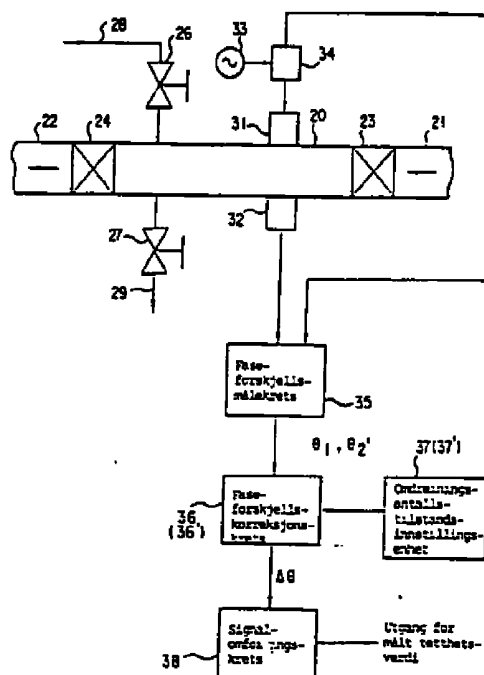
G 01 N 9/24

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19950903	(86)	Innt.inng.dag og søknadsnr	1994.07.12 PCT/JP94/01138
(22)	Inng.dag	1995.03.09	(85)	Videreføringsdag	1995.03.09
(24)	Løpedag	1994.07.12	(30)	Prioritet	1993.07.12, JP, 171576/93
(41)	Alm.tilgj	1995.05.11			
(45)	Meddelt:	2004.07.05			
(71)	Søker	KK Toshiba , 72, Horikawa-cho, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa-ken 210-8572, JP			
(72)	Oppfinner	Seiji Yamaguchi, , Sagamihara-shi, Kanagawa-ken, JP			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS , Postboks 7085 Majorstua, 0306 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og innretning for måling av faseforskjell
(56)	Anførte publikasjoner	JP A 59019846, US 4700129, US 4862060, EP 0300826
(57)	Sammendrag	

En faseforskjellsmåleinnretning oppnår et første mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra et materiale som skal måles, i en referansetilstand, og et andre mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra materialet i en måletilstand. Innretningen finner en referansefaseforskjell θ_1 ut fra sendesignalbølgen og det første mottakingssignal, og en tilsynelatende faseforskjell θ_2 ut fra sendesignalbølgen og det andre mottakingssignal. Innretningen adderer den tilsynelatende faseforskjell θ_2 til et produkt av antallet av omdreininger n , dvs. det antall ganger den tilsynelatende faseforskjell θ_2 passerer gjennom et gitt referansepunkt, og en vinkel på 360° , for å finne en sann faseforskjell θ_2 . Innretningen varierer antallet av omdreininger n til $n=n+1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2 passerer gjennom referansepunktet mens den øker, og varierer antallet av omdreininger n til $n=n-1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2 passerer gjennom referansepunktet mens den avtar.



Teknisk område

Oppfinnelsen angår en innretning og en fremgangsmåte for måling av en fysisk størrelse, så som tettheten av et svevende materiale som er inneholdt i et målefluid, og en
5 avstand til en gjenstand, og en kjemisk størrelse, så som tettheten av et kjemisk materiale som er oppløst i målefluidet, ved anvendelse av en elektromagnetisk bølge, så som en lysbølge og radiobølge, eller en ultralydbølge.

Bakgrunnsteknikk

10 Som en tetthetsmåler eller densimeter som er i stand til å måle ikke bare tettheten av et svevende materiale i et målefluid, men også et materiale som er oppløst i et målefluid, uten å innblande avsetning av et svevende materiale på innerveggen av et tetthetsmålende rør, er det blitt kjent en type som måler en slik tetthet ved anvendelse av en mikrobølge. Denne type densimeter er kjent fra japansk patentpublikasjon JP-A-59
15 019846.

Fig. 14 viser et arrangement av et mikrobølgedensimeter slik det er vist og beskrevet i ovennevnte publikasjon. I dette måleapparat separeres en mikrobølge med en frekvens f_1 fra en mikrobølgeoscillator 70 ved hjelp av en fordeleranordning 71 i to
20 bølger av hvilke den ene går inn i et tetthetsmålende rør 73 via en bølgeleder 72 som er anordnet på tetthetsmålerøret 73. Denne avgrenede bølge passerer gjennom målerøret 73 og går inn i en blander 75 via en annen bølgeleder 74 som er anordnet på målerøret 73.

Den andre avgrenede bølge går inn i en annen blander 77 via en fasedreier 76. En mikrobølge med frekvens f_2 fra en oscillator 78 går inn i disse blandere 75 og 77 via en fordeleranordning 79. Disse frekvenser f_1 og f_2 blandes i blanderne 75 og 77, og et
25 lavfrekvenssignal tas ut som en frekvens $f_3=f_1-f_2$ og innmates i en fasekomparator 80. Fasekomparatoren 80 detekterer en faseforskjell mellom et lavfrekvenssignal som kommer fra blanderen 75, og det som kommer fra blanderen 77.

Dersom faseforsinkelsen av en mikrobølge som passerer gjennom en bane B, er gitt ved θ_1 i en tilstand i hvilken et målefluid beveger seg gjennom målerøret 73 uten et i
30 dette inneholdt materiale som skal måles, innstilles faseforsinkelsen for fasedreieren 76 på en slik måte at faseforsinkelsen av mikrobølgen som passerer gjennom en bane C, faller sammen med θ_1 .

Dersom faseforskjellen mellom fasen av den mikrobølge som passerer gjennom banen B, og faseforskjellen av den mikrobølge som passerer gjennom banen C, måles -
35 ved hjelp av komparatoren 80 - i en tilstand i hvilken et målefluid beveger seg sammen med et i målerøret 73 inneholdt materiale som skal måles, er faseforskjellen av den mikrobølge som passerer gjennom banen B, representert som en verdi som er proporsjonal med tettheten av det i målefluidet inneholdte materiale som skal måles.

Dersom tettheten måles ved å detektere mikrobølgens faseforsinkelse som varierer i overensstemmelse med tilstanden av tettheten av det fluid som skal måles, er det en mulighet for at besværet vil opptre slik som beskrevet nedenfor.

Fig. 15 viser en relasjon mellom en mikrobølge M1 før fasen forsinkes av fasedreieren 76, en mikrobølge M2 som er faseforsinket av fasedreieren 76, og en mikrobølge M3 med en faseforsinkelse som svarer til tettheten av målefluidet som passerer gjennom banen B.

Faseforsinkelsen θ_2 av mikrobølgen M3 i forhold til mikrobølgen M1 blir større i overensstemmelse med en økning i tettheten av det materiale som skal måles. I det tilfelle hvor materialets tetthet ligger på et høyt nivå, er det en mulighet for at faseforsinkelsen θ_2 , som vist på fig. 16, vil overskride 360° . Selv om faseforsinkelsen θ_2 overskrider 360° , ligger en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' mellom 0° og 360° .

I det tilfelle hvor en sann faseforsinkelse θ_2 (kalt slik til forskjell fra en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2') ligger i et vinkelområde $0^\circ \leq \theta_2 < 360^\circ$, svarer den ikke til én omdreining (rotasjon), og dette antall av omdreininger, n , angis som $n=0$. I det tilfelle hvor den sanne faseforsinkelse θ_2 ligger i et vinkelområde $360^\circ \leq \theta_2 < 720^\circ$, etter én omdreining, angis dette antall av omdreininger, n , som $n=1$. I det tilfelle hvor den sanne faseforsinkelse θ_2 varierer i motsatt retning (minusretning) og ligger i et vinkelområde $0^\circ < \theta_2 \leq 360^\circ$, angis dette antall av omdreininger, n , som $n=-1$. Antallet av omdreininger, n , varierer på liknende måte.

Da den sanne faseforsinkelse θ_2 i fasekomparatoren 80 detekteres som en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' , vil måleresultatet, dersom den sanne faseforsinkelse θ_2 - svarende til tettheten av det fluid som skal måles - overskrider 360° , åpenbart vise en lav tetthet på tross av at den ligger på et høyt nivå. På tross av at den sanne faseforsinkelse θ_2 ligger under 0° , vil på den annen side måleresultatet åpenbart vise en høyere tetthet enn i virkelig praksis.

Ved en økning i overføringsavstanden for en mikrobølge i målerøret 73 blir faseforsinkelsen θ_2 større i overensstemmelse med lengden av overføringsavstanden, noe som byr på et liknende problem som det som er anført ovenfor.

Når fluidets tetthet måles på denne måte ved å detektere mikrobølgens faseforsinkelse, opptre det problem som er anført ovenfor. Japansk patentpublikasjon JP-A-2-238348 viser en metode for måling av tetthet ved hvilken én løsning på problemet er angitt. Ifølge den teknikk som er vist i denne publikasjon, er det mulig å detektere tettheten av et fluid som skal måles, ved å måle - ved hjelp av frekvensmodulasjon - en hastighetsvariasjon som opptre ved passering av en mikrobølge gjennom et fluid som skal måles.

Angivelse av oppfinnelsen

Ett formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe en optimal innretning og en fremgangsmåte for måling av faseforskjell som kan måle en fysisk størrelse eller en kjemisk størrelse ut fra en differanse $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ mellom en faseforskjell θ_1 mellom sende- og mottakingsbølger som oppnås ved å utsende og motta en signalbølge til og fra et objekt som skal måles, i en referansetilstand, og en faseforskjell θ_2 mellom sende- og mottakingsbølger som oppnås ved å sende og motta en signalbølge til og fra dette objekt i en måletilstand.

Et annet formål ved oppfinnelsen er å tilveiebringe en innretning og en fremgangsmåte for faseforskjellsmåling som på nøyaktig måte kan måle en tilstand (en fysisk størrelse eller en kjemisk størrelse) av et materiale som skal måles, selv dersom en faseforskjell θ_1 eller θ_2 overskrider 360° eller er under 0° .

Et annet formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe en innretning og en fremgangsmåte for faseforskjellsmåling som lett kan realisere et densimeter som er i stand til nøyaktig måling av en tetthet i et høytetthets-målefluid, og til nøyaktig måling av en tetthet i et målefluid som strømmer gjennom et målerør av stor størrelse.

Et annet formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe en innretning og en fremgangsmåte for faseforskjellsmåling som lett kan realisere en avstandsmåler som er i stand til nøyaktig måling av en avstand til et materiale i kontinuerlig bevegelse.

Ifølge en første side ved oppfinnelsen er det tilveiebrakt en innretning for måling av faseforskjell ved benyttelse av en bølge, hvilken innretning omfatter

en signalbølgedeteksjonsenhet for oppnåelse av et første mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra et materiale som skal måles, i en referansetilstand, og et andre mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra materialet som skal måles, i en måletilstand,

en fasedeteksjonsenhet for å finne en referansefaseforskjell θ_1 som svarer til en faseforskjell mellom den utsendte signalbølge og det første mottakingssignal, og en tilsynelatende faseforskjell θ_2' mellom den utsendte signalbølge og det andre mottakingssignal,

en faseforskjellskorrekasjonsanordning for addisjon av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' til et produkt av antallet av omdreininger n , dvs. det antall ganger den tilsynelatende faseforskjell θ_2' passerer gjennom et referansepunkt, og en vinkel på 360° , for å finne en sann faseforskjell θ_2 som svarer til en virkelig faseforskjell mellom den utsendte signalbølge og det andre mottakingssignal, idet referansepunktet utgjør en vinkel i et variasjonsområde av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

en samplingsanordning for sampling av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,
en første varierende anordning for å variere antallet av omdreininger $n = n+1$

når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' som samples av samplingsanordningen, detekteres og har økt og passert gjennom referansepunktet,

en andre varierende anordning for å variere antallet av omdreininger n til $n = n-1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' som samples av samplingsanordningen, detekteres å ha avtatt og passert gjennom referansepunktet, og

en målt-informasjon-utmatingsanordning for utmating av tilstandsmålt informasjon for materialet som skal måles, svarende til en vinkelforskjell $\Delta\theta$ mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 .

Den foreliggende innretning som er anordnet på denne måte, varierer antallet av omdreininger n til $n = n+1$ hver gang den tilsynelatende faseforskjell mellom en sendesignalbølge - når en signalbølge sendes til og mottas fra materialet som skal måles, i en måletilstand - og et andre mottakingssignal passerer gjennom referansepunktet mens den øker, og varierer antallet av omdreininger n til $n = n-1$ hver gang den tilsynelatende faseforskjell θ_2' passerer gjennom referansepunktet mens den avtar. Det således bestemte antall omdreininger n multipliseres med vinkelen 360° , og den tilsynelatende faseforskjell θ_2' adderes til produktet $n \times 360^\circ$ for å finne en sann faseforskjell θ_2 .

Ifølge en annen side ved oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for måling av faseforskjell ved benyttelse av en bølge, hvor fremgangsmåten omfatter de trinn

å oppnå et første mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra et materiale som skal måles, i en referansetilstand,

å finne en referansefaseforskjell θ_1 ut fra en faseforskjell mellom en sendebølge av signalbølgen og det første mottakingssignal,

å oppnå et andre mottakingssignal ved å sende og motta signalbølgen til og fra materialet som skal måles, i en måletilstand,

å finne en tilsynelatende faseforskjell θ_2' ut fra en faseforskjell mellom den utsendte signalbølge og det andre mottakingssignal,

å addere en tilsynelatende faseforskjell θ_2' til et produkt av antallet av omdreininger n , dvs. det antall ganger den tilsynelatende faseforskjell θ_2' passerer gjennom et referansepunkt, og en vinkel på 360° , for å finne en sann faseforskjell θ_2 , idet referansepunktet utgjør én vinkelverdi i et variasjonsvinkelområde av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

å sample den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

å variere antallet av omdreininger n til $n = n+1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' detekteres å ha økt og passert gjennom referansepunktet,

å variere antallet av omdreininger n til $n = n-1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' detekteres å ha avtatt og passert gjennom referansepunktet, og

å finne tilstandsmålt informasjon for materialet som skal måles, på grunnlag av en vinkelforskjell mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 .

Oppfinnelsen skal i det følgende beskrives nærmere i forbindelse med utførelseseksempler som er vist på tegningene.

5

Kort beskrivelse av tegningene

Fig. 1 er et skjematisk riss som viser et densimeter ifølge en første utførelse av oppfinnelsen,

fig. 2 er et flytskjema som viser virkemåten av en faseforskjellskorrektsjonskrets i densimeteret ifølge den første utførelse,

fig. 3 er et riss som viser et arbeidskurvedatasett for en signalomformingskrets i densimeteret ifølge den første utførelse,

fig. 4A er et riss som viser en tilstand i hvilken ledningsvann strømmer gjennom et tetthetsdeteksjonsrør som et referansepunkt for tettheten,

fig. 4B er et riss som viser en tilstand i hvilken et målefluid strømmer gjennom et tetthetsdeteksjonsrør,

fig. 5 er et skjematisk riss som viser en kretsanordning som består av en faseforskjellskorrektsjonskrets i densimeteret i den første utførelse,

fig. 6 er et flytskjema som viser virkemåten av en faseforskjellskorrektsjonskrets i et densimeter ifølge en andre utførelse,

fig. 7 er et riss som viser en praktisk form av den andre utførelse hvor øvre og nedre områder er innstilt,

fig. 8 er et flytskjema som viser en operasjon for innstilling av en startverdi av et omdreiningsantall i en omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenhet i den andre utførelse,

fig. 9 er et skjematisk riss som viser en faseforskjellskorrektsjonskrets i densimeteret i den andre utførelse,

fig. 10 er et skjematisk riss som viser en avstandsmåler ifølge en tredje utførelse av oppfinnelsen,

fig. 11 er et riss som viser en avstandsmålingsoperasjon for en avstandsmåler ifølge en tredje utførelse av oppfinnelsen,

fig. 12 er et riss som viser faseforskjellen mellom en utsendt bølge og en mottatt bølge i den tredje utførelse,

fig. 13 er et riss som viser et arbeidskurvedatasett for en avstandsmålekrets i avstandsmåleren ifølge den tredje utførelse,

fig. 14 er et skjematisk riss som viser et densimeter på hvilket det er anvendt et konvensjonelt faseforskjellsmålesystem,

fig. 15 er et riss som viser en faseforsinkelse av en mikrobølge, og

fig. 16 er et riss som viser en omdreiningsoperasjon for en tilsynelatende faseforsinkelsesvinkel.

Beste måte for utførelse av oppfinnelsen

5 I det følgende skal det gis en beskrivelse av en faseforskjellsmåleinnretning ifølge en første utførelse av oppfinnelsen slik den anvendes på et mikrobølgedensimeter.

Fig. 1 er et skjematisk riss som viser et mikrobølgedensimeter som er vist i forbindelse med den første utførelse av oppfinnelsen. Mikrobølgedensimeteret er anordnet mellom et oppstrømsrør 21 og et nedstrømsrør 22 via innskutte skilleventiler 23 og 24. En 10 vanntilførselsventil 26 og en vannutløpsventil 27 er anordnet ved tetthetsdeteksjonsrøret 20. Vanntilførselsventilen 26 er tilkopleet til et vanntilførselsrør 28 for ledning av et referansefluidum, såsom ledningsvann fra et vannverk. Et vannavløpsrør 29 er tilkopleet til utløpsventilen 27.

Tetthetsdeteksjonsrøret 20 har mikrobølge-adkomstvinduer i motsatte posisjoner 15 med røaksen som referanse. En antennefesteplate er montert ved adkomstvinduene ved hjelp av en hermetisk forseglende pakning. En sendeantenne 31 og en mottakingsantenne 32 er nøyaktig montert på antennefesteplaten med et isolerende materiale innskutt derimellom.

En mikrobølgeoscillator 33 for utsendelse av en mikrobølge er anordnet ved 20 densimeterets sendesystem. Et utgangssignal fra mikrobølgeoscillatoren 33 overføres til sendeantennen 31 via en effektdeler 34.

Densimeterets mottakingssystem omfatter en faseforskjellsmålekrets 35, en faseforskjellskorreksjonskrets 36, en omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenhet eller – betingelsesinnstillingsenhet 37 og en signalomformingskrets 38. Sammen med en 25 mottakingsbølge av mikrobølgen fra mottakingsantennen mottar faseforskjellsmålekretsen 35 en del av en sendebølge av mikrobølgen fra effektdeleren 34 og måler en tilsynelatende faseforsinkelse av mottakingsbølgen i forhold til sendebølgen. Faseforskjellskorreksjonskretsen 36 detekterer en sann faseforsinkelse ved hjelp av den behandling som utføres basert på det på fig. 2 viste flytskjema, og beregner en faseforskjell $\Delta\theta$ mellom den sanne faseforsinkelse og en referansefaseforsinkelse. 30 Omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenheten 37 benyttes til å innstille omdreiningsantallet n ved et tidspunkt da en kraftforsyning skrus på, og tillater utvelgelse av en omdreiningsantall-virkningsmodus (modus 1: antallet av omdreininger like før en kraftforsyning skrus AV, modus 2: antallet av omdreininger = 0) og en manuell innstilling 35 av det sanne omdreiningsantall n . Signalomformingskretsen 38 har innstilte arbeidskurvedata som vist på fig. 3, og detekterer - på grunnlag av arbeidskurvedataene - et tetthetsnivå svarende til en faseforskjell $\Delta\theta$ som kommer fra faseforskjellskorreksjons-

kretsen 36, og avgir et strømsignal etter at faseforskjellen er omformet til det tilsvarende strømsignal.

Densimeterets tetthetsmålingsoperasjon ved anvendelse av mikrobølgen i overensstemmelse med den således anordnede utførelse, skal forklares i det følgende.

5 Først innføres et referansefluid (f.eks. ledningsvann) med null konsentrasjon i densimeterets deteksjonsrør 20, og en tilsvarende referansefaseforsinkelse θ_1 måles. Uttrykket "faseforsinkelse" er her ment å bety en faseforsinkelse av mikrobølge-mottakingsbølgen i forhold til mikrobølge-sende-bølgen i faseforskjellsmålekretsen 35.

10 Etter måling av referansefaseforsinkelsen θ_1 uttappes et målefluid, såsom slam, med skilleventilene 23, 24 lukket og vannutløpsventilen 27 åpnet, og deretter åpnes vanntilførselsventilen 26 for å tilføre ledningsvann for å tillate eventuelle flekker på den indre overflate av røret 20 å rengjøres, og deretter lukkes vannutløpsventilen 27 og røret 20 fylles med ledningsvannet.

15 Etter at ledningsvannet er blitt påfylt på denne måte, genereres et mikrobølgesignal fra mikrobølgeoscillatoren 33 som vist på fig. 4A, og tilføres via effektdeleren 34 til sendeantennen 31 hvor det utsendes, og det mottas av mottakingsantennen 32 etter utbredelse gjennom ledningsvannet gjennom røret 20. Mikrobølgens mottakingsbølge overføres til faseforskjellsmålekretsen 35. I denne forbindelse skal det bemerkes at en del av mikrobølge-sende-bølgen sendes til faseforskjellsmålekretsen 35 fra effektdeleren 34.

20 Faseforskjellsmålekretsen 35 sammenlikner mikrobølge-sende-bølgen med den mottatte mikrobølge for å måle en referansefaseforsinkelse θ_1 som er knyttet til referansefluidet. Den målte referansefaseforsinkelse θ_1 sendes til faseforskjellskorreksjonskretsen 36 for lagring. En startverdi "0" som svarer til omdreiningsantallet n, innstilles av innstillingsenheten 37 til faseforskjellskorreksjonskretsen 36.

Deretter uttappes ledningsvannet i røret 20 med utløpsventilen 27 åpnet, og et målefluid som inneholder et materiale som skal måles, beveger seg deretter i dette med skilleventilene 23 og 24 åpnet. I denne tilstand utsendes en mikrobølge fra mikrobølgeoscillatoren 33. Slik som angitt ovenfor, sendes mikrobølgesignalet via effektdeleren 30 34 til sendeantennen 31, og derfra til faseforskjellsmålekretsen 35. Mikrobølgen som kommer fra sendeantennen 31, når frem til mottakingsantennen 32 etter utbredelse gjennom fluidet i konsentrasjonsdeteksjonsrøret 20, som vist på fig. 4B. Etter ankomst av mikrobølgen avgir mottakingsantennen 32 et mikrobølgesignal med en faseforsinkelse som svarer til målefluidets tetthet. Faseforskjellsmålekretsen 35 måler en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' av et mikrobølgesignal med en faseforsinkelse som svarer til 35 målefluidets tetthet. I den tilstand i hvilken målefluidet som inneholder det materiale som skal måles, beveger seg, utsendes mikrobølgen kontinuerlig, og en tilsynelatende fasefor-

sinkelse θ_2' måles av faseforskjellsmålekretsen 35, og de tilsvarende data avgis fortløpende til faseforskjellskorreksjonskretsen 36.

Den detaljerte behandling som utføres av faseforskjellskorreksjonskretsen 36, skal forklares nedenfor under henvisning til fig. 2. For hvert lite tidsintervall Δt mottar faseforskjellskorreksjonskretsen 36 den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' fra faseforskjellsmålekretsen 35 og utfører følgende behandling:

Faseforskjellsmålekretsen 35 differensierer den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' for å detektere en øknings/minsknings-retning. Dersom $d\theta_2'/dt$ er positiv, økes faseforsinkelsen θ_2' , og det bestemmes hvorvidt én omdreining er utført eller ikke. Dvs. dersom den differensierte verdi av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er positiv og faseforsinkelsen θ_2' passerer gjennom 360° , observeres en faktisk målt, tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' som om den ligger i et område $0 \leq \theta_2' < 360^\circ$. I realiteten ligger en sann faseforsinkelse θ_2 i et område $360^\circ \leq \theta_2 < 720^\circ$, og antallet av omdreininger varierer fra 0 til 1. Med andre ord endres n til (n+1).

Dersom på den annen side $d\theta_2'/dt$ er negativ, reduseres den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' , og det bestemmes hvorvidt faseforsinkelsen passerer gjennom 0° eller ikke. Dvs., dersom en differensiert verdi av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er negativ og faseforsinkelsen θ_2' passerer gjennom 0° , observeres den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' som om den ligger i et område $0 \leq \theta_2' < 360^\circ$. Da en virkelig faseforsinkelse θ_2 på den annen side ligger i et område $-360^\circ \leq \theta_2 < 0^\circ$, varierer antallet av omdreininger fra 0 til -1. Med andre ord endres n til (n-1). På denne måte lagres omdreiningsantallet som data i et ikke vist omdreiningsantallslager. Antallet av omdreininger oppdateres på nytt hver gang det skjer en variasjon i det impliserte omdreiningsantall.

Den sanne faseforsinkelse θ_2 beregnes basert på følgende likning:

$$\theta_2 = \theta_2' + n \times 360^\circ \quad \dots (1)$$

Angitt mer detaljert, når en tidsdifferensierte verdi $d\theta_2'/dt$ av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er positiv og den sanne faseforsinkelse θ_2 overskrider 360° (én omdreining) for å nå et område 360° til 720° , blir $\theta_2 = \theta_2' + 360^\circ$. Videre, når den tidsdifferensierte verdi $d\theta_2'/dt$ av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er positiv og den sanne faseforsinkelse θ_2 overskrider 720° (to omdreininger) for å nå et vinkelområde fra 720° til 980° , blir $\theta_2 = \theta_2' + 720^\circ$.

På liknende måte, når den tidsdifferensierte verdi $d\theta_2'/dt$ er positiv og θ_2' overskrider 360° hver gang, foretas en tilføyelse på 360° for å detektere den sanne faseforsinkelsesvinkel θ_2 .

Når på den annen side den tidsdifferensierte verdi av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er negativ og den sanne faseforsinkelse θ_2 blir mindre enn 0° (- én omdreining) for å nå et vinkelområde fra 0° til -360° , blir $\theta_2 = \theta_2' - 360^\circ$.

På liknende måte, når den tidsdifferensierte verdi $d\theta_2'/dt$ er negativ og θ_2' ligger under 0° hver gang, foretas en tilføyelse på -360° for å detektere den sanne faseforsinkelsesvinkel θ_2 .

Deretter detekteres en faseforskjell $\Delta\theta$ mellom en referansefaseforsinkelse θ_1 som ble lagret etter måling av ovennevnte referansefluid, og den sanne faseforsinkelse θ_2 som ble beregnet ved hjelp av likning (1), basert på følgende likning:

$$\text{Faseforskjell } \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad \dots (2)$$

På liknende måte varieres antallet av omdreininger n hver gang ovennevnte tilstand etableres, for å finne den sanne faseforsinkelse θ_2 og faseforskjell $\Delta\theta$.

Når signalomformingskretsen 38 mottar en faseforskjell $\Delta\theta$ fra faseforskjellskorrektsjonskretsen 36, finnes en tilsvarende tetthet i overensstemmelse med arbeidskurvedataene som representerer en tetthets/faseforskjellsrelasjon. Etter at signalomformingskretsen 38 har omformet tettheten til et tilsvarende signal, avgir den dette signal som utgangssignal. Dersom tetthetsmåleområdet er for eksempel 0 til 10%, avgis et tilsvarende strømsignal på 4 til 20 mA som utgangssignal.

Det skal bemerkes at når en kraftforsyning for densimeteret skrus på etter at den først er skrudd av (eller svikter), benyttes en verdi som svarer til et forutbestemt antall omdreininger som startverdi i overensstemmelse med en modus som er innstilt av innstillingsenheten 37. Dersom modus 1 velges i innstillingsenheten 37, innstilles det impliserte antall omdreininger som omdreiningsantallet n før kraftforsyningen skrus av, og dersom modus 2 velges i innstillingsenheten 37, innstilles det impliserte antall omdreininger som omdreiningsantallet 0.

Ved bedømmelse ut fra måleresultatet ved hjelp av en annen tetthetsmålemetode (off-line-måling ved hjelp av en tørrvektmetode, etc.) og arbeidstilstanden på et anlegg med densimeteret anordnet på dette, er det mulig å innstille omdreiningsantallet n manuelt, svarende til en sann fasevinkelforsinkelse θ_2 .

Da den sanne faseforsinkelse θ_2 med densimeteret ifølge den foreliggende utførelse beregnes ved til enhver tid å gripe det antall omdreininger som den sanne faseforsinkelse θ_2 tilhører, og addere produktet av antall omdreininger og en vinkel på 360° , $n \times 360^\circ$, til den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' , er det mulig å oppnå en nøyaktig, sann faseforsinkelse θ_2 selv om den sanne faseforsinkelse θ_2 blir over 360° eller mindre enn 0° . Det er derfor mulig å måle tettheten av et målefluid med høy konsentrasjon som

innebærer for eksempel flere omdreininger av den sanne faseforsinkelse θ_2 , og følgelig å foreta tetthetsmåling i et rør av stor størrelse.

Den foreliggende innretning kan konstrueres slik at den bestemmer hvorvidt en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' utfører én omdreining i et område fra -180° til $+180^\circ$, eller ikke. Rotasjonen av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' bestemmes i overensstemmelse med polariteten av en differensiert verdi av den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' , og hvorvidt den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' passerer gjennom $+180^\circ$ eller -180° eller ikke, med $+180^\circ$ eller -180° innstilt som referansepunkt.

Dersom for eksempel $d\theta_2'/dt$ er positiv og den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' passerer gjennom -180° , endres omdreiningsantallet n til $n = n+1$. Dersom på den annen side $d\theta_2'/dt$ er negativ og den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' passerer gjennom $+180^\circ$, endres omdreiningsantallet n til $n = n-1$.

Selv om funksjonen til faseforskjellskorrektsjonskretsen 36 i ovennevnte første utførelse realiseres ved hjelp av programvare, kan den også utføres med en maskinvarekrets.

Fig. 5 er et riss som viser en kretsanordning hvor funksjonen til faseforskjellskorrektsjonskretsen 36 er realisert med maskinvare. I denne kretsanordning innmattes en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' fra faseforskjellsmålekretsen 35 til en differensieringskrets 41 og første og andre komparatorer 42 og 43. Differensieringskretsen 41 sender et signal som representerer den positive/negative polaritet av en tidsdifferensiert verdi av faseforsinkelsen θ_2' , til første og andre OG-kretser 44 og 45. En terskelverdi 360° er innstilt for den første komparator 42, for å detektere at den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' har overskredet 360° . En terskelverdi 0° er innstilt for den andre komparator 43 for å detektere at den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er blitt brakt under 0° . Når den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' varierer fra 360° , avgir den første komparator 42 et omdreiningsantallsøkende signal til den første OG-krets 44. Når den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' varierer fra 0° , avgir den andre komparator 43 et omdreiningsantallsminskende signal til den andre OG-krets 45. Når den tidsdifferensierte verdi av faseforsinkelsen θ_2 er positiv og det omdreiningsantallsøkende signal innmattes til OG-kretsen 44, tilfører OG-kretsen et Opp-signal som et OG-koplet signal til en Opp-klemme i en opp/ned-teller 46. Når den tidsdifferensierte verdi av faseforsinkelsen θ_2' er negativ og det omdreiningsantallsminskende signal innmattes til den andre OG-krets 45, tilfører den andre OG-krets 45 et Ned-signal som et OG-koplet signal til en Ned-klemme i opp/ned-telleren 46. I opp/ned-telleren 46 tas et sammentreff mellom tellingsutgangen og omdreiningsantallet n ved å nullstille tellingsverdien på $n = 0$ ved et tidspunkt for utførelse av nullinnstilling (dvs. ved et tidspunkt for måling av en faseforskjell θ). Opp/ned-telleren 46 inkrementerer en tellingsverdi med 1 hver gang den mottar et opp-signal på sin Opp-klemme, og dekrementerer en tellingsverdi med 1 hver gang den mottar et ned-signal

på sin Ned-klemme. En krets 48 for beregning av sann verdi er koplet til en utgangsklemme fra opp/ned-telleren 46 og detekterer en sann faseforsinkelse θ_2 ved beregning av ovenstående likning (1). Utgangssignalet fra sannverdi-beregningskretsen 48 innmattes til en subtraksjonskrets 49 for å finne $\Delta\theta$ ved hjelp av beregning av ovenstående
 5 likning (2).

En andre utførelse av oppfinnelsen skal beskrives nedenfor.

Den andre utførelse omfatter en funksjonsvariant av faseforskjellskorreksjonskretsen og av omdreiningsantalls-tilstandsenheten i ovenstående, første utførelse. Den andre utførelse likner i sine bestanddeler på den første utførelse, bortsett fra faseforskjellskorreksjonskretsen og omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenheten.
 10 skjellskorreksjonskretsen og omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenheten.

En faseforskjellskorreksjonskrets 36' (representert ved et merketegnforstyrt henvisningstall for å skjelne den fra faseforskjellskorreksjonskretsen 36 i den første utførelse) beregner en sann faseforsinkelse θ_2 på grunnlag av et flytskjema som er vist på fig. 6. En omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenhet 37' i den andre utførelse
 15 (representert ved et merketegnforstyrt henvisningstall for å skjelne den fra omdreiningsantalls-tilstandsinnstillingsenheten 37) bestemmer antallet av omdreininger n på grunnlag av et flytskjema (fig. 8) når en kraftforsyning på nytt skrus på.

Prinsippet for beregning av en sann faseforsinkelse θ_2 i faseforskjellskorreksjonskretsen 36' skal forklares nedenfor.

En tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' ligger i et vinkelområde fra 0° til 360° som vist på fig. 7. Over vinkelområdet 0° til 360° innstilles et forutbestemt område betraktet fra 0° i retning mot 360° som et nedre område, og et forutbestemt område betraktet fra 360° i retning mot 0° innstilles som et øvre område. Ifølge den foreliggende oppfinnelse kan et område fra 240° til 360° , normalt et område fra 260° til 360° , innstilles som et øvre
 25 område, mens på den annen side et område fra 0° til 120° , normalt et område fra 0° til 100° , kan innstilles som et nedre område.

Den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' måles ikke kontinuerlig, men i en gitt kort periode (et 5 sekunders intervall i denne utførelse). I det tilfelle hvor den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' ved et gitt tidspunkt er til stede i det øvre område, og den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' ved det neste tidspunkt er til stede i det nedre område, endres omdreiningsantallet n til $n = n+1$. I det tilfelle hvor den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' ved et gitt tidspunkt er til stede i et nedre område, og den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' ved det neste tidspunkt er til stede i et øvre område, endres omdreiningsantallet n til $n = n-1$. En sann faseforsinkelse θ_2 beregnes ved å innsette omdreiningsantallet n i ovenstående
 35 likning (1).

Grunnen til at omdreiningsantallet n endres under en slik tilstand eller betingelse, er at det antas at det på en kort tid (for eksempel 5 sekunder) som er innstilt som faseforsinkelsesmåleperioden, ikke skjer noen variasjon (tetthets-, temperatur- etc. variasjoner)

fra det øvre mot det nedre område eller fra det nedre mot det øvre område i virkelig praksis når den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er til stede i det samme omdreiningsantallsområde (den sanne faseforsinkelse θ_2 ligger f.eks. i et område fra 0° til 360° , ved $n=0$). Når den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' i for eksempel en 5-sekunders periode varieres fra det øvre mot det nedre område eller fra det nedre mot det øvre område, kan det bestemmes at omdreiningsantallet n er blitt endret.

De ovennevnte øvre og nedre områder og en vilkårlig omdreiningsantall-startverdi n innstilles manuelt i omdreiningsantalls-tilstandsinstillingsenheten 37', og en terskelverdi $X_{\max}$ for høy tetthet og en terskelverdi $X_{\min}$ for minus-tetthet innstilles manuelt der. Terskelverdien $X_{\max}$ for høy tetthet er ment å bety en maksimumsverdi som er forutsigbar som en tetthetsverdi for et materiale som skal måles, eller en høy verdi som er oppnåelig for materialet som skal måles. Terskelverdien $X_{\min}$ for minus-tetthet er ment å bety en lav verdi som ikke opptrer selv om det, med en referansefaseforskjell θ_1 som er innstilt på et nullpunkt, skjer en drift av nullpunktet i retning mot minussiden.

I den andre utførelse som har et arrangement som angitt ovenfor, utsendes en mikrobølge, på samme måte som i den tidligere første utførelse, til et standardfluid bestående av ledningsvann, og faseforsinkelsen θ_1 av en mottatt mikrobølge måles og lagres i faseforskjellskorreksjonskretsen 36'. Som innlesingsdata mottar faseforskjellskorreksjonskretsen 36' de nevnte øvre og nedre områder for omdreiningsantallsbestemmelse og en omdreiningsantall-startverdi $n = 0$ fra omdreiningsantallsinnstillingsenheten 37'.

En mikrobølge utsendes deretter til et målefluid som inneholder et materiale som skal måles, og en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' måles for en kort tidsperiode (f.eks. 5 sekunder). Hver gang den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' måles, utføres en behandling på grunnlag av det flytskjema som er vist på fig. 6, slik at en sann faseforsinkelse θ_2 og deretter en faseforskjell $\Delta\theta$ beregnes.

Nærmere bestemt tas den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' fra faseforskjellsmålekretsen 35', og det bestemmes hvorvidt θ_2' er til stede i det øvre område eller ikke. Dersom θ_2' er til stede i det øvre område, bestemmes det hvorvidt θ_2' etter et forløp på 5 sekunder er til stede i det nedre område eller ikke. Dersom θ_2' er til stede der, endres omdreiningsantallet n til $n = n+1$ da den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' under perioden på 5 sekunder veksles fra det øvre mot det nedre område, som vist ved A på fig. 7.

Dersom θ_2' som tas inn i faseforskjellsmålekretsen 35', ikke tilhører det øvre område, bestemmes det hvorvidt θ_2' er til stede i det nedre område eller ikke. Dersom θ_2' er til stede der, bestemmes det hvorvidt θ_2' etter et forløp på 5 sekunder er til stede i det øvre område eller ikke. Dersom θ_2' er til stede i det øvre område, varieres omdreiningsantallet n til $n = n-1$ da θ_2' veksles fra det nedre til det øvre område i løpet av de 5 sekunder.

Dersom det er annerledes, finner variasjonen av omdreiningsantallet n ikke sted.

Når omdreiningsantallet n er bestemt på denne måte, beregnes den sanne faseforsinkelse θ_2 ved benyttelse av ovenstående likning (1), og faseforskjellen $\Delta\theta$ beregnes ved benyttelse av ovenstående likning (2).

Tilstandsinnstillingsenheten 37' tar inn det ferskeste omdreiningsantall n , hele tiden beregnet av faseforskjellskorreksjonskretsen 36', og tillater dette å lagres i et ikke-flyktig lager (ikke vist). Selv om en kraftforsyning for densimeteret svikter eller slås av manuelt, fastholder innstillingsenheten 37' omdreiningsantallet n like før kraftforsyningen slås av.

Når densimeterets kraftforsyning innkoples på nytt, utføres behandling ved hjelp av innstillingsenheten 37' som vist på fig. 8, for å finne et nøyaktig omdreiningsantall n .

Med densimeterets kraftforsyning innkoplet på nytt utføres nærmere bestemt tetthetsberegning ved hjelp av faseforskjellskorreksjonskretsen 36' og signalomformingskretsen 38' ved bruk av omdreiningsantallet n (en holdeverdi i ovennevnte ikke-flyktige lager) like før kraftforsyningen skrus av.

Med tilstandsinnstillingsenheten 37', dersom densimeterets kraftforsyning er innkoplet på nytt, tas en tetthetsberegningsverdi X inn som en beregnet verdi som er oppnådd ved bruk av omdreiningsantallet n like før kraftforsyningen slås av.

Det bestemmes deretter hvorvidt omdreiningsantallet n , like før kraftforsyningen slås av, tilfredsstiller en betingelse $n \geq 1$. Dersom det omdreiningsantall n som benyttes for tetthetsmåling, er $n \geq 1$, foretas en sammenlikning mellom tetthetsberegningsverdien X og høy-tetthets-terskelverdien $X_{\max}$. Dersom $X \geq X_{\max}$ veksles omdreiningsantallet n til $n = n-1$, og dersom $X < X_{\max}$, utføres ingen veksling av omdreiningsantallet n .

Med mindre omdreiningsantallet n like før kraftforsyningen skrus av, er $n \geq 1$, bestemmes det hvorvidt en tilstand eller betingelse $n < 0$ er tilfredsstilt eller ikke. Dersom $n < 0$, foretas en sammenlikning mellom tetthetsberegningsverdien X og den høye tetthetsterskelverdi $X_{\max}$. For $X \leq X_{\min}$ veksles omdreiningsantallet n til $n = n+1$. For $X > X_{\min}$ foretas ingen veksling av omdreiningsantallet n , og en veksling eller variasjon av omdreiningsantallet n utføres heller ikke ved $n=0$.

I det tilfelle hvor verdien av omdreiningsantallet n åpenbart varieres (for eksempel når tettheten varieres kraftig mellom før kraftforsyningen skrus av og når kraftforsyningen på nytt skrus på), innstilles ethvert omdreiningsantall n manuelt fra tilstandsinnstillingsenheten 37'.

På denne måte innmates det bestemte omdreiningsantall n til faseforskjellskorreksjonskretsen 36'. Med faseforskjellskorreksjonskretsen 36' varieres senere behandling ved at det som referanse benyttes omdreiningsantallet n som er innstilt på nytt fra tilstandsinnstillingsenheten 37'.

Med de nedre og øvre områder innstilt i et område fra 0° til 360° utføres ifølge oppfinnelsen en sammenlikning mellom det foreliggende område og det tidligere område

som den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' tilhører, og ved å gjøre dette bestemmes omdreiningsantallet som om det er blitt variert. Det er derfor mulig på nøyaktig måte å "gripe" omdreiningsantallet for den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' og å beregne en nøyaktig faseforskjell $\Delta\theta$. Det er således mulig, selv om faseforsinkelsen overskrider en omdreining utover 360° , å beregne nøyaktig tettheten av et høytetthetsmålefluid og å gjøre dette nøyaktig i et tetthetsdeteksjonsrør av stor størrelse.

I overensstemmelse med den andre utførelse innstilles høytetthets-terskelverdien $X_{\max}$ og minustetthets-terskelverdien $X_{\min}$ for tilstandsinstillingsenheten 37'. En sammenlikning utføres mellom på den ene side den tetthetsverdi X som ved tidspunktet for gjeninnkopling av densimeterets kraftforsyning beregnes ved bruk av omdreiningsantallet n like før utkoplingen av kraftforsyningen, og på den annen side høytetthets-terskelverdien $X_{\max}$ eller minustetthets-terskelverdien. Ved å gjøre dette, er det mulig å bestemme et optimalt omdreiningsantall svarende til tettheten, etc. av det foreliggende målefluid, og å opprettholde et nøyaktig omdreiningsantall selv etter at densimeterets kraftforsyning er blitt skrudd på på nytt.

Selv om de øvre og nedre områder i den ovennevnte andre utførelse kan innstilles i området 0° til 360° , kan omdreiningsantallet n bestemmes ved innstilling av de øvre og nedre områder i et område fra -180° til $+180^\circ$. I det tilfelle hvor faseforsinkelsen skal måles i området fra -180° til $+180^\circ$, innstilles et forutbestemt område i området fra -180° til $+180^\circ$ som et nedre område betraktet fra -180° i retning mot $+180^\circ$, og et forutbestemt område i området fra -180° til $+180^\circ$ innstilles som et øvre område betraktet fra $+180^\circ$ i retning mot -180° .

Selv om funksjonen av faseforskjellskorrektsjonskretsen 36' i ovennevnte andre utførelse realiseres med programvare, kan den samme funksjon realiseres med en maskinvarekrets.

Fig. 9 viser et arrangement av en kretsanordning hvor funksjonen til faseforskjellskorrektsjonskretsen 36' i den andre utførelse er realisert med en maskinvarekrets. I denne utførelse er de samme henvisningstall benyttet for å betegne deler eller elementer som svarer til dem som er vist på fig. 5.

I kretsanordningen innmates en tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' fra faseforskjellsmålekretsen 35 i en seksjon 51 for bestemmelse av øvre område og en seksjon 52 for bestemmelse av nedre område. Det øvre område (f.eks. 260° til 360°) er innstilt i seksjonen 51 for bestemmelse av det øvre område, og dersom den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er innstilt i det øvre område, avgir seksjonen 51 for bestemmelse av det øvre område et øvre-område-deteksjonssignal som utgangssignal. Det ovennevnte, nedre område (f.eks. 0° til 120°) er innstilt i seksjonen 52 for bestemmelse av det nedre område, og dersom den tilsynelatende faseforsinkelse θ_2' er til stede i det nedre område, avgir seksjonen 52 for bestemmelse av det nedre område et nedre-område-deteksjonssignal som

utgangssignal. De øvre og nedre deteksjonssignaler innmattes i en dekode 53. Dekoderen 53 omformer øvre-område-deteksjonssignalet til data D1, nedre-område-deteksjonssignalet til data D2 og et inngangssignal som er forskjellig fra deteksjonssignalene for de øvre og nedre områder, til data D3, og avgir et tilsvarende utgangssignal til et FIFU-lager 54. FIFU-lageret 54 lagrer stadig to dataelementer, og når det mottar en innmating fra dekode 53, lagrer det denne og avgir et tidligere dataelement som utgangssignal. En første OG-krets 55 avgir et nedtellingssignal som et OG-koplet utgangssignal av øvre-område-deteksjonssignalet og dataene D2. En andre OG-krets 56 avgir et opp-tellingssignal som et OG-koplet utgangssignal av nedre-område-deteksjonssignalet og dataene D1. Kretsarrangementet fra en opp/ned-teller 46 til en subtraktor 49 er det samme som arrangementet på fig. 5.

Selv om det svevende materiale i ovennevnte utførelse av oppfinnelsen anvendt på densimeteret, er blitt forklart å være i en flytende tilstand, kan den foreliggende oppfinnelse anvendes for utførelse av tetthetsmåling med materialet i en stasjonær tilstand. Selv om ledningsvannet er blitt beskrevet som referansefluidet, kan det gjøres bruk av et referansefluid som inneholder ett eller annet materiale med kjent tetthet. Selv om tetthetsdeteksjonsrøret 20 er blitt forklart å være innskutt mellom oppstrømssiderøret 21 og nedstrømssiderøret 22, er ovennevnte teknikk, dersom en fluidinntatt beholder eller et omføringsrør er anordnet på f.eks. et løpende fordelingsrør, anvendelig på denne beholder eller dette omføringsrør, og dette er også inkludert i området for den foreliggende oppfinnelse.

Selv om den foreliggende oppfinnelse i ovennevnte utførelse er blitt forklart å være blitt anvendt på et densimeter, kan oppfinnelsen anvendes på en lysbølge-, radiobølge- eller ultralydbølge-avstandsmåler for måling av en avstand mellom to punkter ved bruk av en elektromagnetisk bølge, såsom en lysbølge, en radiobølge, etc., eller en signalbølge, såsom en ultralydbølge.

En tredje utførelse av oppfinnelsen skal forklares nedenfor. Denne utførelse er en som anvendes på en lysbølge-avstandsmåler.

Fig. 10 viser et arrangement av denne lysbølge-avstandsmåler ifølge den tredje utførelse av oppfinnelsen.

I lysbølgeavstandsmåleren ifølge oppfinnelsen sendes et oscillasjonssignal som utmates fra en oscillator 61 som er innstilt på en forutbestemt oscillasjonsfrekvens, til en sender 63 via en fordeler 62. Senderen 63 sender en bølge til et objekt 64, og en mottaker 65 mottar en tilsvarende bølge som reflekteres fra objektet 64, for å tillate den å omformes til et elektrisk signal. En faseforskjellsmålekrets 66 er koplet til mottakerens 65 utgangsklemme. Faseforskjellsmålekretsen 66 mottar et mottakingssignal fra mottakeren 65 og et sendesignal fra fordeleren 62 i samme faseforhold til sendebølgen, og detekterer en faseforsinkelse av mottakingssignalet bak sendesignalet. En faseforskjellskorrekasjons-

krets 67 er koplet til faseforskjellsmålekretsens 66 utgangsklemme for å utføre den samme behandling som vist på fig. 2 eller 6, og avgir en resulterende faseforskjell $\Delta\theta$ til en avstandsberegningskrets 68. Avstandsberegningskretsen 68 lagrer arbeidskurvedata som vist på fig. 14, og finner en bevegelsesavstand X på grunnlag av faseforskjellen $\Delta\theta$ fra faseforskjellskorreksjonskretsen 67, og avgir som utgangssignal en avstand X som oppnås ved addisjon av bevegelsesavstanden X og en avstand b før bevegelse fra målepunktet til objektet. En signalomformingskrets 69 avgir som avstandsmålesignal et elektrisk strømsignal svarende til avstanden X.

Avstandsmåleoperasjonen ved hjelp av denne utførelse skal forklares nedenfor.

Først plasseres et objekt i et referansepunkt B som vist på fig. 11, sendesignalet sendes til objektet 64, og en tilsvarende, reflektert bølge mottas av mottakeren. Som vist på fig. 12, forskyves faseren av den mottatte bølge i forhold til den utsendte bølge med en vinkel θ_1 i overensstemmelse med en avstand b mellom A og B. En referansefaseforskjell θ_1 svarende til faseforskjellen mellom den utsendte bølge og den mottatte bølge i referanseposisjonen B måles av faseforskjellsmålekretsens 66 og innmates i faseforskjellskorreksjonskretsen 67.

Ved å variere avstanden fra punktet B til objektet 64 med fortløpende forutbestemte beløp, måles en faseforskjell θ_2' mellom den utsendte bølge og den mottatte bølge ved hjelp av faseforskjellsmålekretsens 66 ved de respektive avstander. Som vist på fig. 12, medfører en reflektert bølge fra objektet 64 som beveger seg til et punkt C, en faseforskjell $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ i forhold til en reflektert bølge fra objektet 64 i referanseposisjonen B. Utgangssignalet fra faseforskjellskorreksjonskretsen 67 i det respektive punkt C innmates til faseforskjellsberegningsskretsen 68. Faseforskjellsberegningsskretsen 68 beregner en sann faseforskjell θ_2 , forutsatt at omdreiningsantallet n av referansefaseforskjellen θ_1 i referanseposisjonen B er innstilt på $n=1$, og at faseforskjellen ved den respektive avstand som innmates fra faseforskjellsmålekretsens 66, plasseres som en tilsynelatende faseforskjell θ_2' . Forskjellen mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 beregnes og innmates deretter i avstandsberegningskretsen 68.

Avstandsberegningskretsen 68 finner en relasjon mellom avstanden x fra referanseposisjonen B og en faseforskjell $\Delta\theta (= \theta_2 - \theta_1)$ og bestemmer en arbeidskurve $X = a\Delta\theta$ angående bevegelsesavstanden x som er vist på fig. 13, for å tillate den å lagres i denne.

Etter at denne forberedelse er blitt gjort, utføres en normal operasjon for måling av en avstand som varierer konstant fra punktet A til objektet 64.

Ved avstandsmålingsoperasjonen måles faseforskjellen i forhold til den utsendte bølge av den mottatte bølge fra posisjonen C etter bevegelse som en tilsynelatende faseforskjell θ_2' i faseforskjellsmålekretsens 66. I faseforskjellskorreksjonskretsen 67 finnes en sann faseforskjell θ_2 ut fra den tilsynelatende faseforskjell θ_2' fra faseforskjellsmålekretsens

66 ved hjelp av behandling basert på fig. 2 eller fig. 6, og kretsen beregner en faseforskjell $\Delta\theta$.

Avstandsberegningskretsen 68, som mottar faseforskjellen $\Delta\theta$ fra faseforskjellskorreksjonskretsen 67, finner en avstand x fra referanseposisjonen B ved hjelp av beregning av $x = a\Delta\theta$. Videre adderes en avstand b fra punktet A til punktet B til avstanden x for å beregne en avstand X fra punktet A til objektet 64.

Den således beregnede avstand X omformes av signalomformingskretsen 69 til et elektrisk signal.

I det tilfelle hvor det i overensstemmelse med den foreliggende utførelse skal måles en avstand frem til objektet 64 basert på faseforskjellen mellom den bølge som utsendes til det vandrende objekt 64, og den mottatte bølge, er det mulig å måle avstanden X nøyaktig selv om faseforskjellen mellom den utsendte bølge og den mottatte bølge varierer over 360° .

Selv om den foreliggende oppfinnelse er blitt forklart som anvendt på en lysbølge-avstandsmåler, kan den anvendes på en radiobølge-avstandsmåler eller ultralydbølge-avstandsmåler etter det samme prinsipp som prinsippet for lysbølge-avstandsmåleren.

Selv om oppfinnelsen er blitt forklart som anvendt på et densimeter eller en avstandsmåler, kan den anvendes på andre typer av innretninger for måling av en fysisk størrelse eller kjemisk størrelse ved hjelp av utnyttelse av faseforskjellen.

Patentkrav

5 1. Innretning for måling av faseforskjell ved benyttelse av en bølge, **karakterisert ved** at den omfatter

en signalbølgedeteksjonsenhet for oppnåelse av et første mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra et materiale som skal måles, i en referansetilstand, og et andre mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og
10 fra materialet som skal måles, i en måletilstand,

en fasedeteksjonsenhet for å finne en referansefaseforskjell θ_1 som svarer til en faseforskjell mellom den utsendte signalbølge og det første mottakingssignal, og en tilsynelatende faseforskjell θ_2' mellom den utsendte signalbølge og det andre mottakingssignal,

15 en faseforskjellskorrekasjonsanordning for addisjon av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' til et produkt av antallet av omdreininger n , dvs. det antall ganger den tilsynelatende faseforskjell θ_2' passerer gjennom et referansepunkt, og en vinkel på 360° , for å finne en sann faseforskjell θ_2 som svarer til en virkelig faseforskjell mellom den utsendte signalbølge og det andre mottakingssignal, idet referansepunktet utgjør en vinkel
20 i et variasjonsområde av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

en samplingsanordning for sampling av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

en første varierende anordning for å variere antallet av omdreininger $n = n+1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' som samples av samplingsanordningen, detekteres og har økt og passert gjennom referansepunktet,

25 en andre varierende anordning for å variere antallet av omdreininger n til $n = n-1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' som samples av samplingsanordningen, detekteres å ha avtatt og passert gjennom referansepunktet, og

en målt-informasjon-utmatingsanordning for utmating av tilstandsmålt informasjon for materialet som skal måles, svarende til en vinkelforskjell $\Delta\theta$ mellom den
30 sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 .

2. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at et forskyvningsområde for den tilsynelatende faseforskjell θ_2' er et område fra 0° til 360° , og referansepunktet er 0° eller 360° .

3. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den
35 videre omfatter en utvelgelsesanordning for utvelgelse av den ene eller den andre av en første modus som benytter omdreiningsantallet n umiddelbart før en kraftforsyning skrus av etter beregning av den sanne faseforskjell θ_2 umiddelbart etter at kraftforsyningen innkoples på nytt, og en andre modus som benytter omdreiningsantallet n for $n=0$, og

en manuell innstillingsanordning for manuell innstilling av et vilkårlig omdreiningsantall n for faseforskjellskorrekasjonsanordningen.

4. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 1, **karakterisert ved**

at signalbølgedeteksjonsenheten oppnår et første mottakingssignal ved å
 5 utsende og motta en mikrobølge som den nevnte signalbølge til og fra et målefluid i en referansetilstand som i det vesentlige ikke inneholder et materiale hvis tetthet skal måles, og et andre mottakingssignal ved å utsende og motta en mikrobølge som den nevnte signalbølge til og fra et målefluid i en måletilstand som inneholder materialet, og

at målt-informasjon-utmatingsanordningen som den tilstandsmålte
 10 informasjon utmater en tetthetsmåleverdi for materialet i målefluidet svarende til en vinkelforskjell $\Delta\theta$ mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 , idet innretningen anvendes på et densimeter som benytter mikrobølgen.

5. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 4, **karakterisert ved** at den videre omfatter

15 en første sammenlikningsanordning for å bestemme hvorvidt omdreiningsantallet n umiddelbart før en kraftforsyning for densimeteret skrus av tilfredsstillende en betingelse $n \geq 1$ eller ikke,

en andre sammenlikningsanordning for å sammenlikne en beregnet tetthetsverdi X og en forutbestemt høytetthets-terskelverdi $X_{\max}$, idet den beregnede tetthetsverdi X finnes ved å benytte omdreiningsantallet n etter at densimeterets kraftforsyning er blitt innkoplet på nytt, men umiddelbart før utkoplingen av kraftforsyningen eller omdreiningsantallet n senere varieres,

en anordning for å variere omdreiningsantallet n til $n = n-1$ når resultatet av en sammenlikning ved hjelp av den første sammenlikningsanordning er $n \geq 1$, og
 25 resultatet av en sammenlikning ved hjelp av den andre sammenlikningsanordning er $X \geq X_{\max}$,

en tredje sammenlikningsanordning for å bestemme hvorvidt omdreiningsantallet n umiddelbart før densimeterets kraftforsyning skrus av tilfredsstillende en betingelse $n < 0$ eller ikke,

30 en fjerde sammenlikningsanordning for å sammenlikne en minustetthets-terskelverdi $X_{\min}$ som ikke er sannsynlig selv når et nullpunkt driver i retning mot en minusside og den beregnede tetthetsverdi, og

en anordning for å variere omdreiningsantallet n til $n = n+1$ når et resultat av en sammenlikning ved hjelp av den tredje sammenlikningsanordning er $n < 0$, og et
 35 resultat av en sammenlikning ved hjelp av den fjerde sammenlikningsanordning er $X \leq X_{\min}$.

6. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 4, **karakterisert ved** at signalbølgedeteksjonsenheten omfatter

et målerør i hvilket målefluidet strømmer,
 en mikrobølgesendende enhet som er beliggende på målerøret for å utsende mikrobølgen, og

en mikrobølgemottakende enhet som er beliggende på målerøret i en stilling
 5 overfor den mikrobølgesendende enhet.

7. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at signalbølgedeteksjonsenheten oppnår et første mottakingssignal ved å sende og motta den ene eller den andre av en elektromagnetisk bølge eller ultralydbølge som signalbølgen til et objekt i referansetilstanden, når det materiale som skal måles er beliggende på en kjent
 10 avstand, og et andre mottakingssignal ved å sende og motta den ene eller den andre av den elektromagnetiske bølge eller ultralydbølgen som signalbølgen til og fra objektet i en vandrende tilstand, og

at målt-informasjon-utmatingsanordningen som den tilstandsmålte informasjon utmater en avstand til objektet som har beveget seg fra en referanseposisjon svarende
 15 til en vinkelforskjell $\Delta\theta$ mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 , idet den elektromagnetiske bølge eller ultralydbølgen anvendes på en avstandsmåler.

8. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 1, **karakterisert ved**

at samplingsanordningen, som har et innstilt øvre område i et gitt maksimum-til-minimum-vinkelområde som svarer til én omdreining fra referansepunktet,
 20 og et innstilt nedre område i et gitt minimum-til-maksimum-vinkelområde som svarer til én omdreining fra referansepunktet, sampler den tilsynelatende faseforskjell θ_2' med forutbestemte tidsmellomrom for å bestemme hvorvidt den samplede tilsynelatende faseforskjell θ_2' ligger innenfor det innstilte øvre område som inneholder maksimumsvinkelen, eller det innstilte nedre område som inneholder minimumsvinkelen,

25 at den første varierende anordning varierer omdreiningsantallet n til $n = n+1$ når den bestemmer at den tilsynelatende faseforskjell θ_2' har økt og passert gjennom referansepunktet dersom den tilsynelatende faseforskjell θ_2' av samplingsanordningen bestemmes til å ligge innenfor det øvre område, og den neste samplede, tilsynelatende faseforskjell θ_2' bestemmes til å ligge innenfor det nedre område, og

30 den andre varierende anordning varierer omdreiningsantallet n til $n = n-1$ når den bestemmer at den tilsynelatende faseforskjell θ_2' har avtatt og passert gjennom referansepunktet dersom den tilsynelatende faseforskjell θ_2' bestemmes til å falle innenfor det nedre område og den neste samplede, tilsynelatende faseforskjell θ_2' av samplingsanordningen bestemmes til å falle innenfor det øvre område.

35 9. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 8, **karakterisert ved** at referansepunktet er 0° eller 360° og vinkelområdet er fra 0° til 360° .

10. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 8, **karakterisert ved**

at signalbølgedeteksjonsenhetsen oppnår et første mottakingssignal ved å sende og motta en mikrobølge som den nevnte signalbølge til og fra et målefluid i en referansetilstand som i det vesentlige ikke inneholder et materiale hvis tetthet skal måles, og et andre mottakingssignal ved å sende og motta mikrobølgen til og fra et målefluid i en måletilstand som inneholder materialet, og

at målt-informasjon-utmatingsanordningen som den tilstandsmålte informasjon utmater en målt tetthetsverdi for materialet i målefluidet svarende til en vinkelforskjell $\Delta\theta$ mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 , idet innretningen anvendes på et densimeter som benytter mikrobølgen.

11. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 10, karakterisert ved at den videre omfatter

en første sammenlikningsanordning som bestemmer hvorvidt omdreiningsantallet n umiddelbart før en kraftforsyning for densimeteret skrus av tilfredsstillende en betingelse $n \geq 1$ eller ikke,

en andre sammenlikningsanordning for å sammenlikne en beregnet tetthetsverdi X og en forutbestemt høytetthets-terskelverdi $X_{\max}$, idet den beregnede tetthetsverdi X finnes ved å benytte omdreiningsantallet n etter at densimeterets kraftforsyning er blitt innkoplet på nytt, men umiddelbart før utkopling av kraftforsyningen eller omdreiningsantallet n senere varieres,

en anordning for å variere omdreiningsantallet n til $n = n-1$ når et bestemmelsesresultat ved hjelp av den første sammenlikningsanordning er $n \geq 1$, og et sammenlikningsresultat ved hjelp av den andre sammenlikningsanordning er $X \geq X_{\max}$,

en tredje sammenlikningsanordning for å bestemme hvorvidt omdreiningsantallet n umiddelbart før densimeterets kraftforsyning skrus av tilfredsstillende en betingelse $n < 0$ eller ikke,

en fjerde sammenlikningsanordning for sammenlikning av en minustetthets-terskelverdi $X_{\min}$ som ikke er sannsynlig selv når et nullpunkt driver i retning mot en minusside og den beregnede tetthetsverdi, og

en anordning for å variere omdreiningsantallet n til $n = n+1$ når et sammenlikningsresultat ved hjelp av den tredje sammenlikningsanordning er $n < 0$ og et sammenlikningsresultat ved hjelp av den fjerde sammenlikningsanordning er $X \leq X_{\min}$.

12. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 8, karakterisert ved

at signalbølgedeteksjonsenhetsen oppnår et første mottakingssignal ved å sende og motta den ene eller den andre av en elektromagnetisk bølge eller ultralydbølge som signalbølgen til og fra et objekt i referansetilstanden, som det materiale som skal måles og som er beliggende på en kjent avstand, og et andre mottakingssignal ved å sende og motta den ene eller den andre av den elektromagnetiske bølge eller ultralydbølgen til og fra objektet i en vandreende tilstand, og

at målt-informasjon-utmatingsanordningen som den tilstandsmålte informasjon utmater en avstand til objektet som har beveget seg fra en referanseposisjon svarende til en vinkelforskjell $\Delta\theta$ mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 , idet den elektromagnetiske bølge eller ultralydbølgen anvendes på en avstandsmåler.

13. Fremgangsmåte for måling av faseforskjell ved benyttelse av en bølge, **karakterisert ved** at den omfatter de trinn

å oppnå et første mottakingssignal ved å sende og motta en signalbølge til og fra et materiale som skal måles, i en referansetilstand,

å finne en referansefaseforskjell θ_1 ut fra en faseforskjell mellom en sendebølge av signalbølgen og det første mottakingssignal,

å oppnå et andre mottakingssignal ved å sende og motta signalbølgen til og fra materialet som skal måles, i en måletilstand,

å finne en tilsynelatende faseforskjell θ_2' ut fra en faseforskjell mellom den utsendte signalbølge og det andre mottakingssignal,

å addere en tilsynelatende faseforskjell θ_2' til et produkt av antallet av omdreininger n , dvs. det antall ganger den tilsynelatende faseforskjell θ_2' passerer gjennom et referansepunkt, og en vinkel på 360° , for å finne en sann faseforskjell θ_2 , idet referansepunktet utgjør én vinkelverdi i et variasjonsvinkelområde av den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

å sample den tilsynelatende faseforskjell θ_2' ,

å variere antallet av omdreininger n til $n = n+1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' detekteres å ha økt og passert gjennom referansepunktet,

å variere antallet av omdreininger n til $n = n-1$ når den tilsynelatende faseforskjell θ_2' detekteres å ha avtatt og passert gjennom referansepunktet, og

å finne tilstandsmålt informasjon for materialet som skal måles, på grunnlag av en vinkelforskjell mellom den sanne faseforskjell θ_2 og referansefaseforskjellen θ_1 .

14. Fremgangsmåte for måling av faseforskjell ifølge krav 13, **karakterisert ved**

at et innstilt øvre område i samplingstrinnet inkluderes i et gitt maksimum-til-minimum-vinkelområde som svarer til én omdreining fra referansepunktet, et innstilt nedre område inkluderes i et gitt minimum-til-maksimum-vinkelområde som svarer til én omdreining fra referansepunktet, og den tilsynelatende faseforskjell θ_2' samples med forutbestemte tidsmellomrom for å bestemme hvorvidt den samplede tilsynelatende faseforskjell θ_2' ligger innenfor det øvre område som inneholder maksimumsvinkelen eller innenfor det nedre område som inneholder minimumsvinkelen,

at omdreiningsantallet n i trinnet med variasjon av omdreiningsantallet til $n = n+1$ varieres til $n = n+1$ dersom den tilsynelatende faseforskjell θ_2' bestemmes til å ligge

innenfor det øvre område og den neste samplede, tilsynelatende faseforskjell θ_2' bestemmes til å ligge innenfor det nedre område i samplingstrinnet,

at trinnet med å variere omdreiningsantallet n til $n = n-1$ varieres til $n = n-1$ dersom den tilsynelatende faseforskjell θ_2' bestemmes til å ligge innenfor det nedre område og den neste samplede, tilsynelatende faseforskjell θ_2' bestemmes til å ligge innenfor det øvre område i samplingstrinnet.

15. Faseforskjellsmåleinnretning ifølge krav 1, **karakterisert ved** at samplingsanordningen er innrettet til å sample den tilsynelatende faseforskjell θ_2' kontinuerlig for å detektere den retning i hvilken den tilsynelatende faseforskjell θ_2' øker eller avtar.

16. Fremgangsmåte for måling av faseforskjell ifølge krav 13, **karakterisert ved** at samplingstrinnet sampler den tilsynelatende faseforskjell θ_2' kontinuerlig for å detektere den retning i hvilken den tilsynelatende faseforskjell θ_2' øker eller avtar.

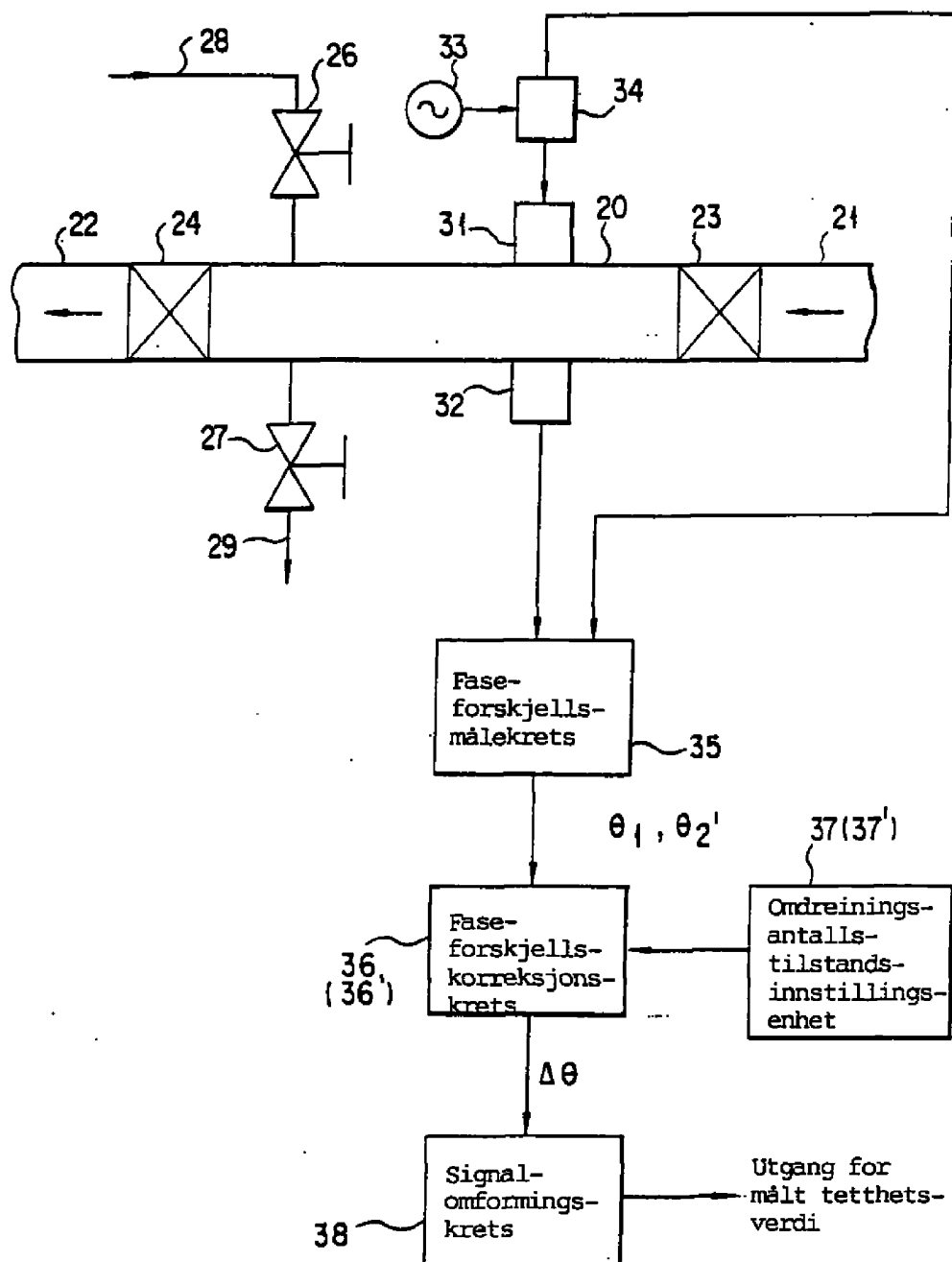


FIG. 1

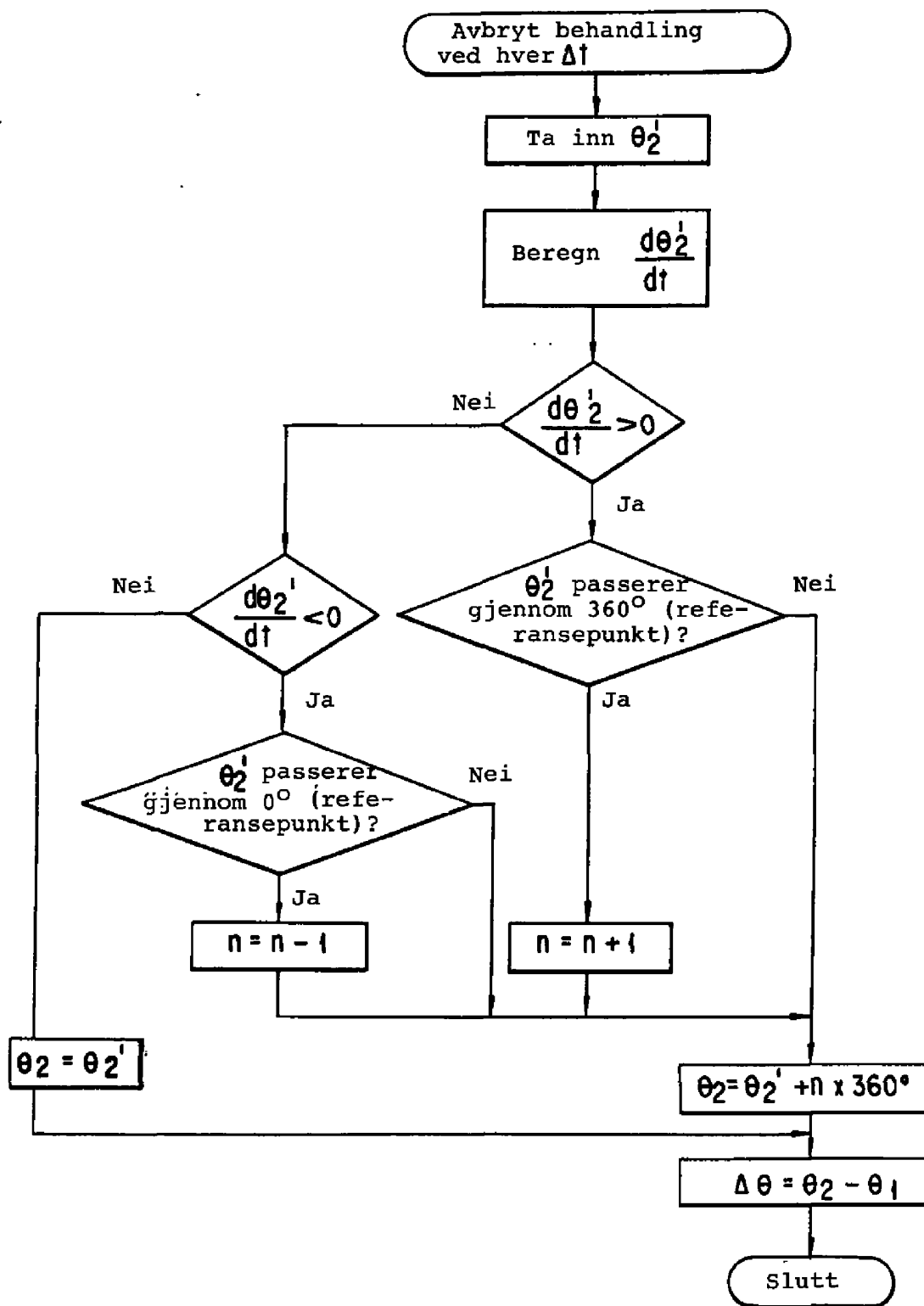
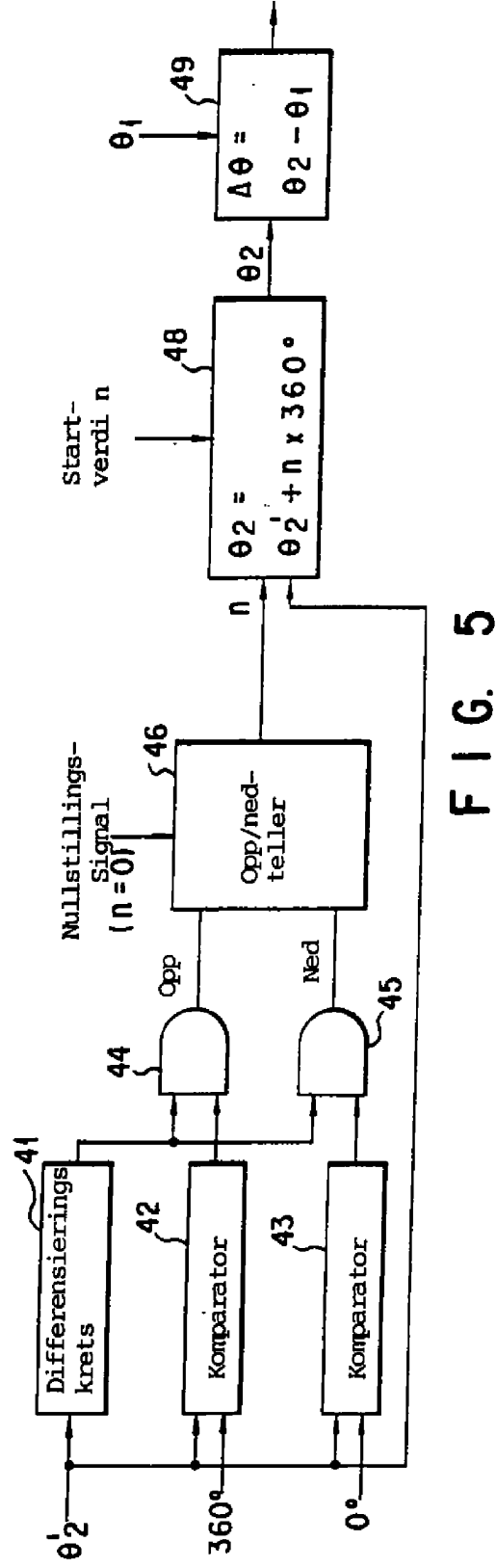
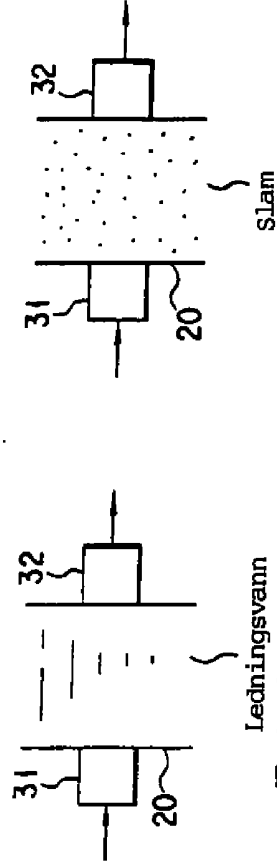
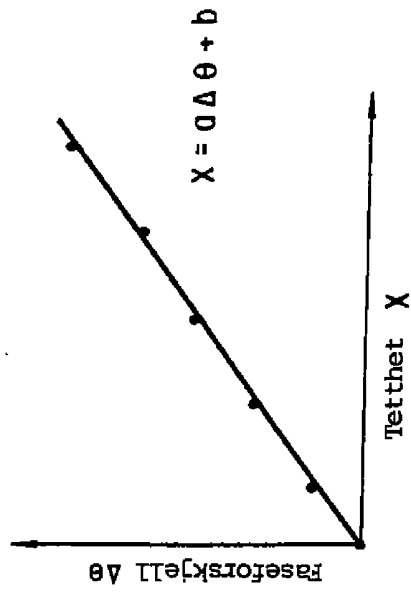


FIG. 2



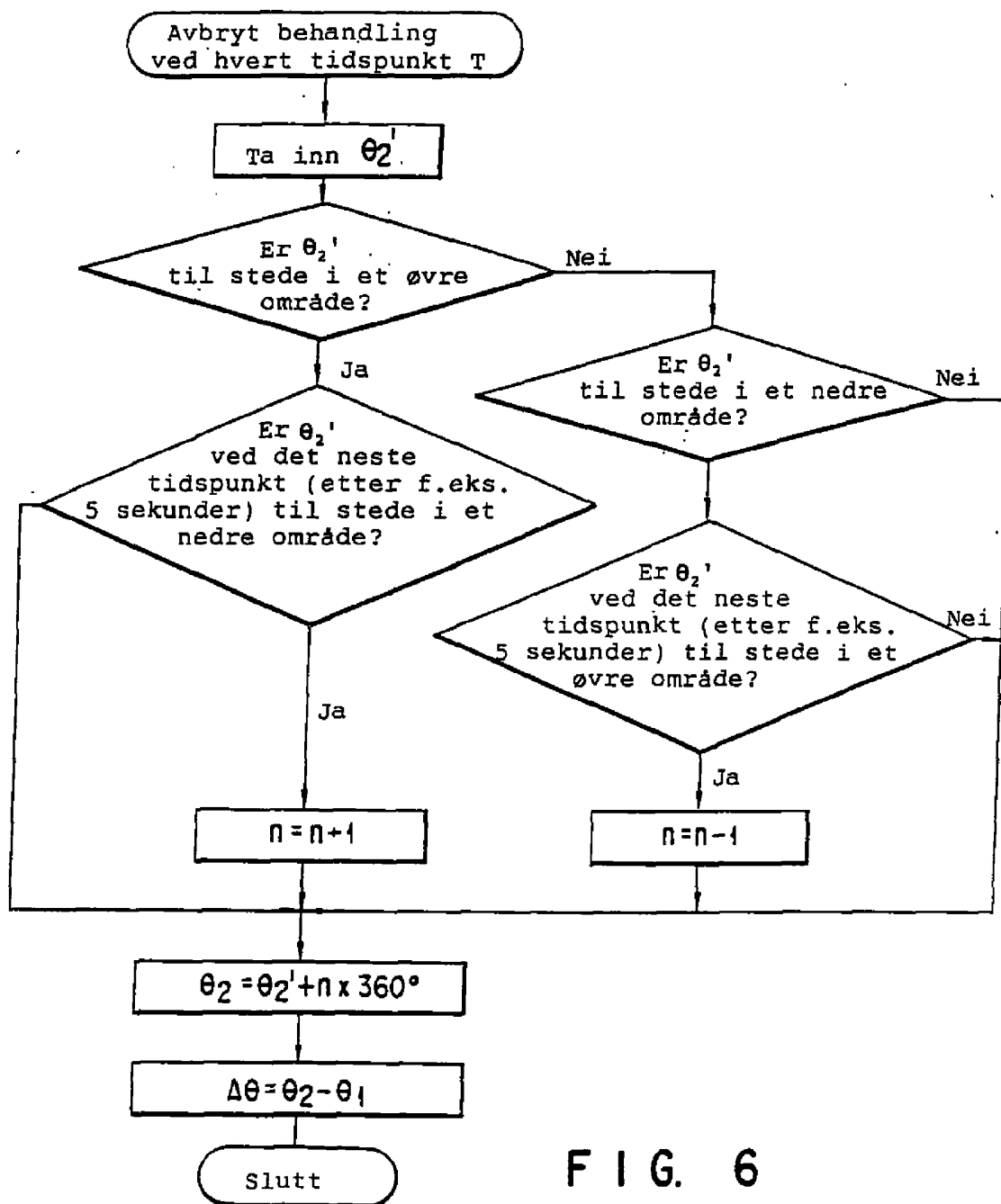


FIG. 6

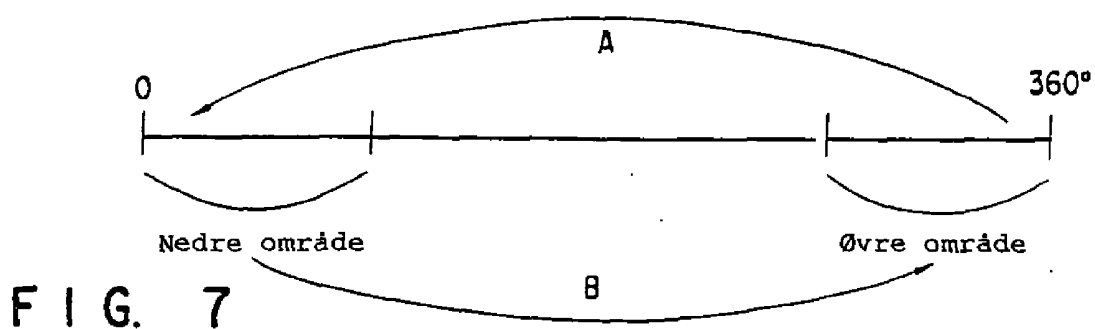


FIG. 7

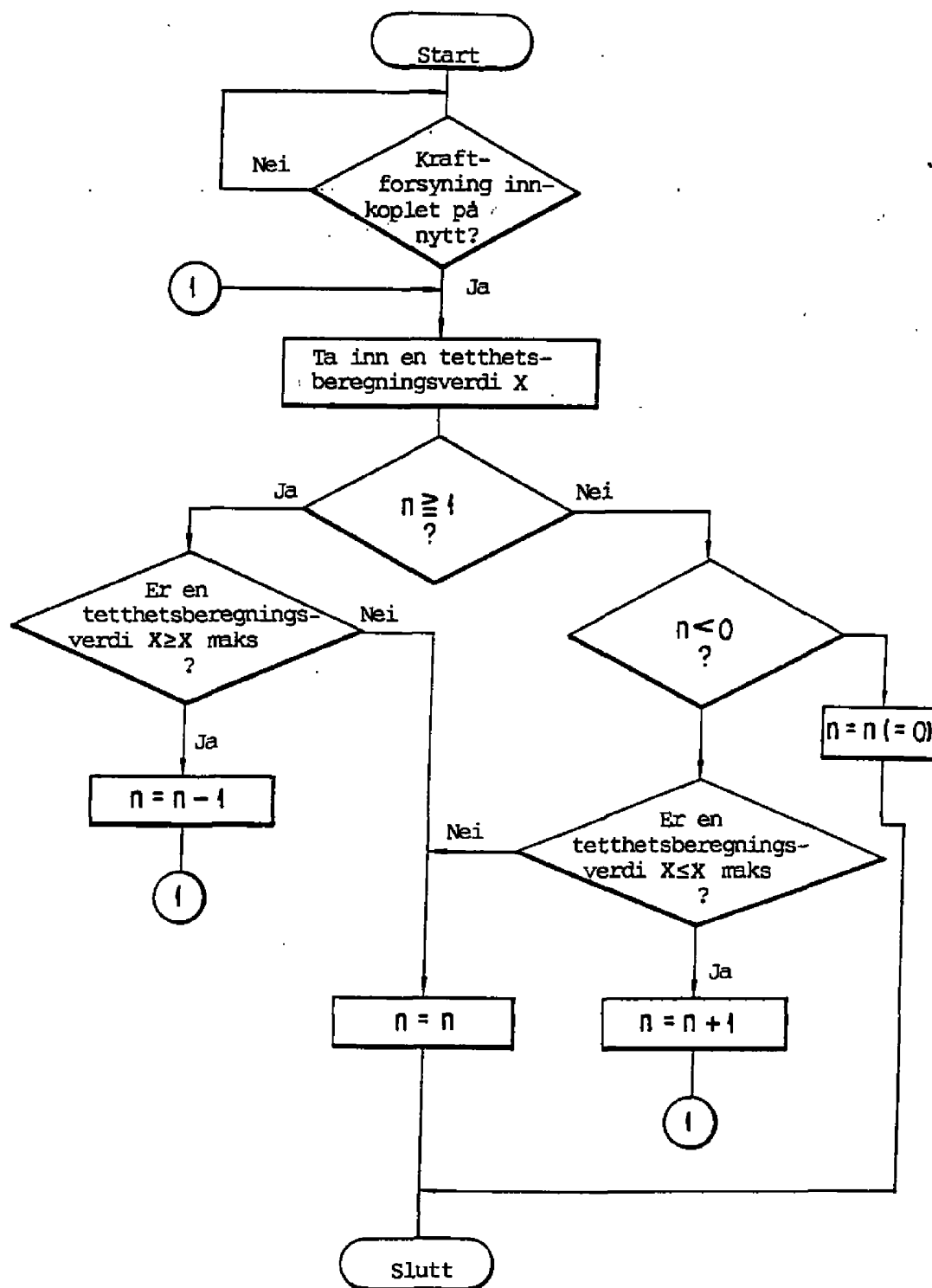


FIG. 8

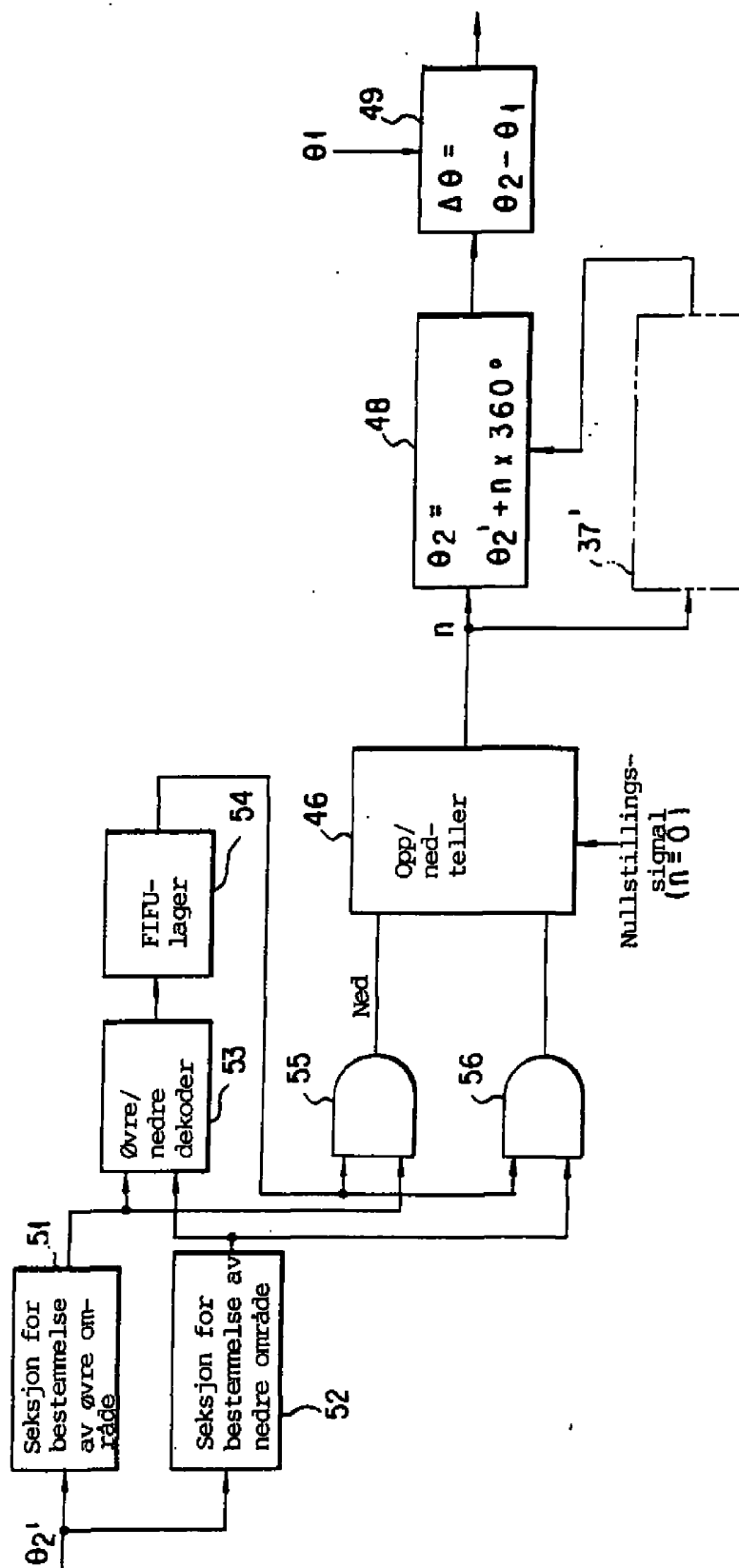
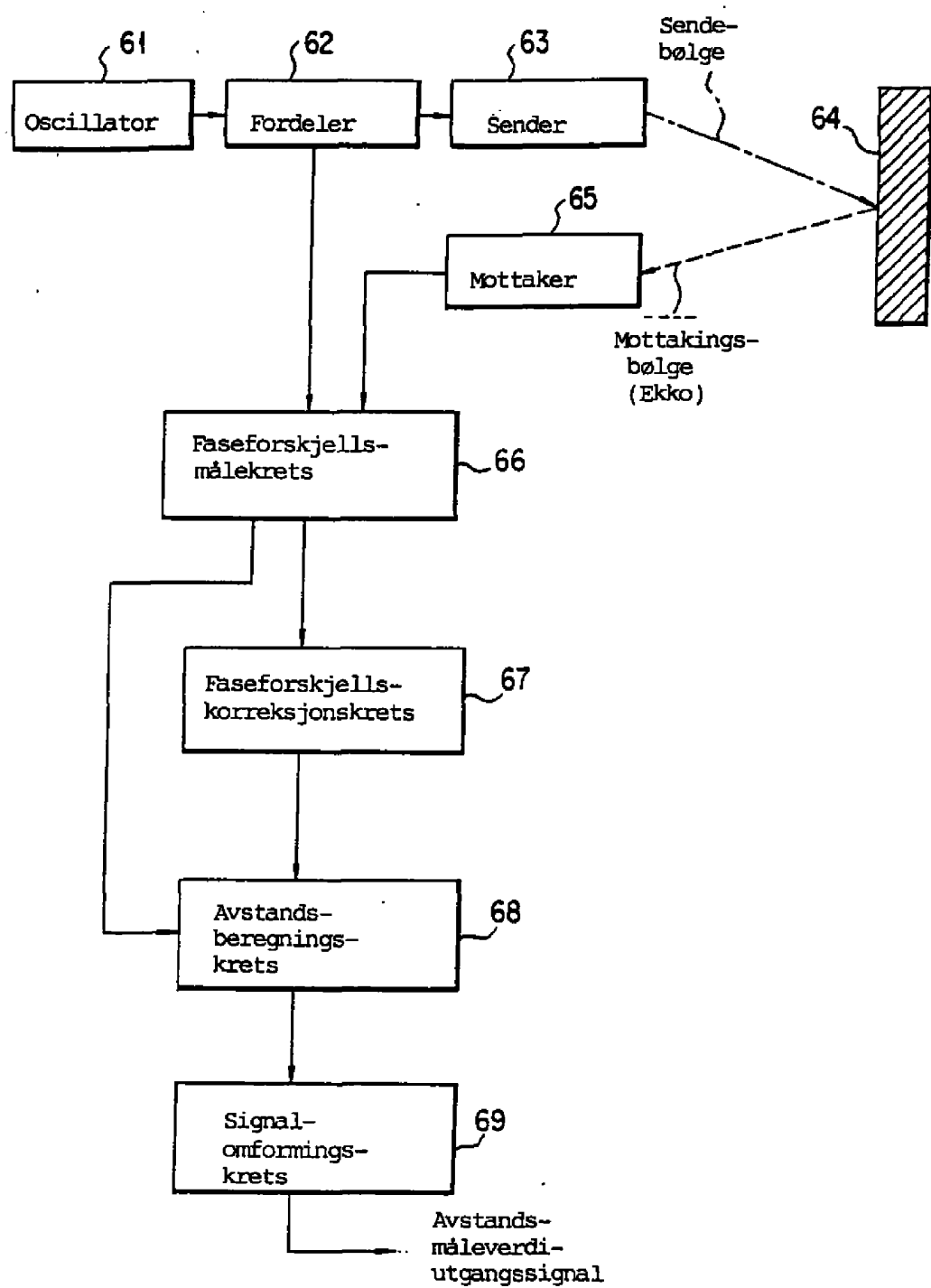


FIG. 9



F I G. 10

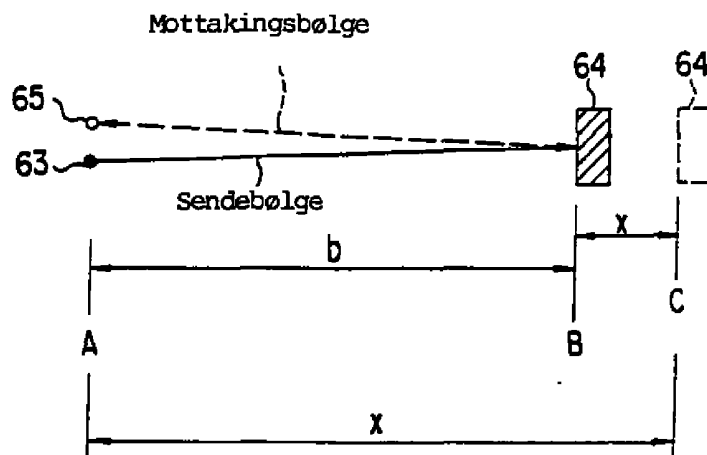


FIG. 11

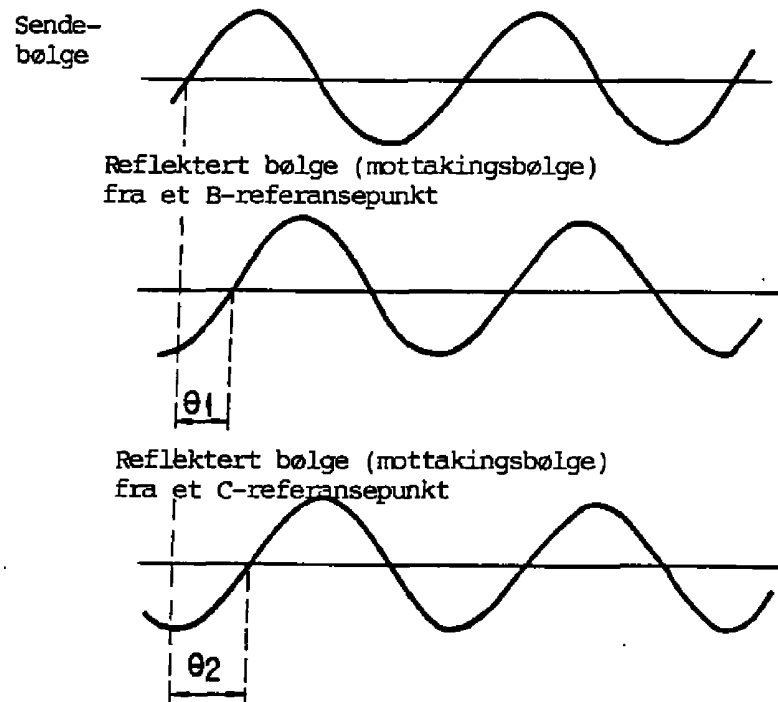
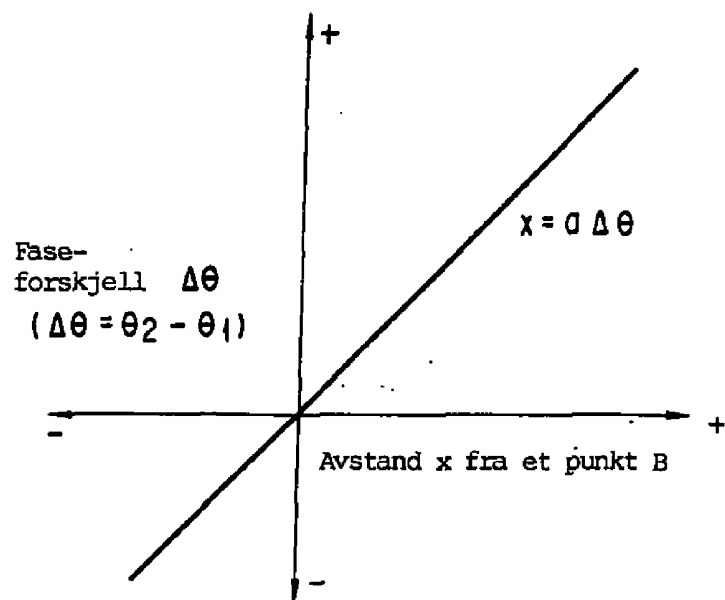
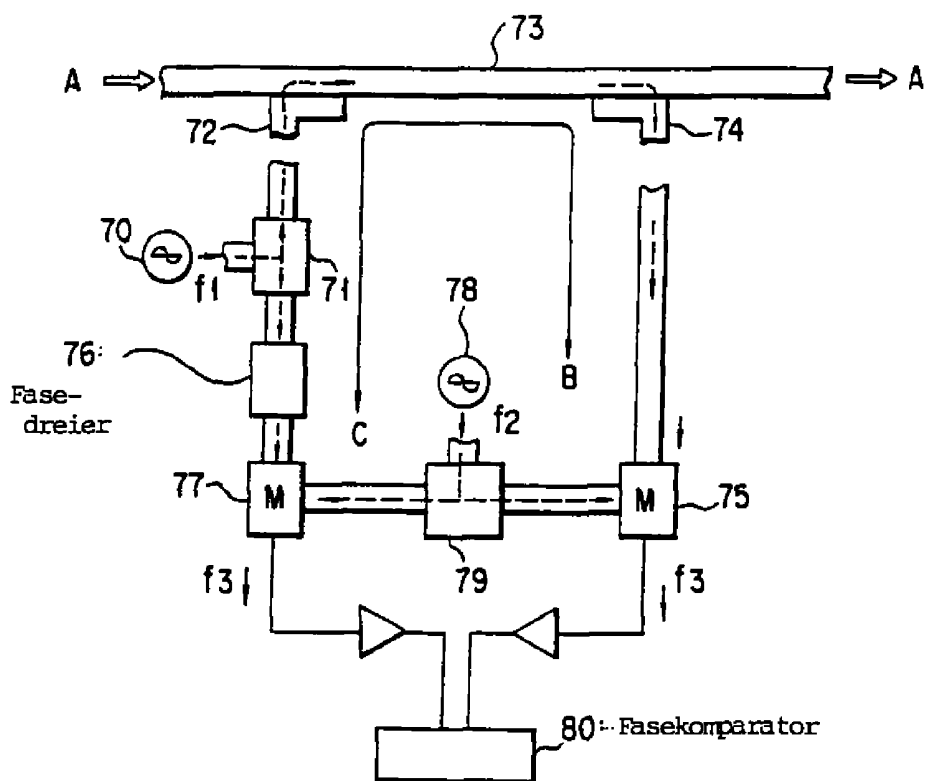


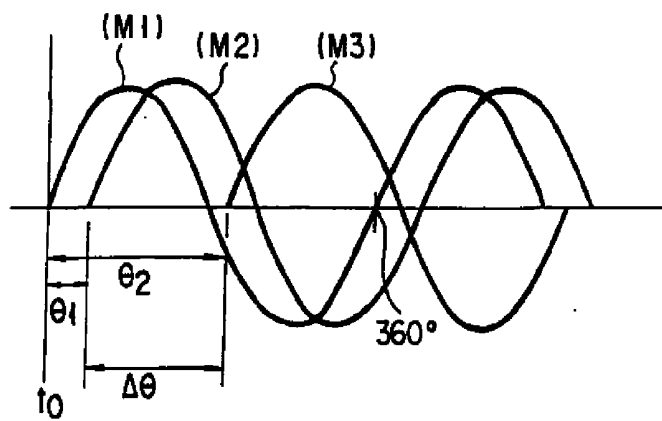
FIG. 12



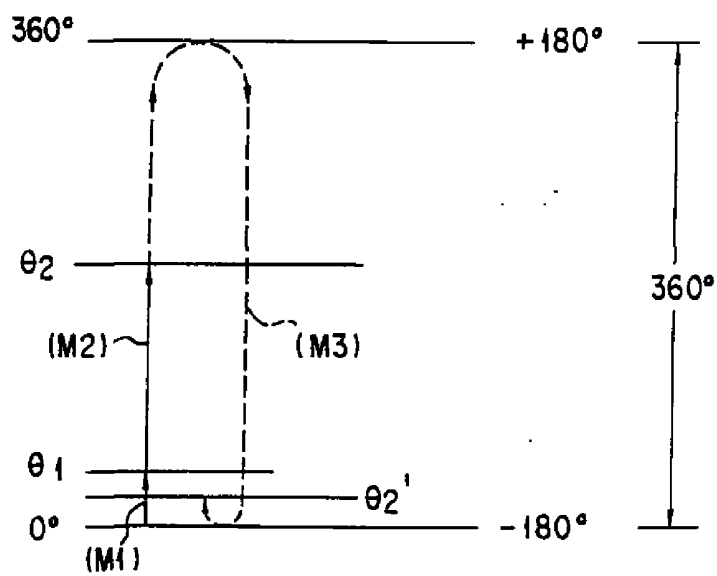
F I G. 13



F I G. 14



F I G. 15



F I G. 16