



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314915**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

G 01 R 15/24

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19961308	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1994.09.22, PCT/DE94/01104
(22) Inng. dag	1996.03.29	(85) Videreføringsdag	1996.03.29
(24) Løpedag	1994.09.22	(30) Prioritet	1993.10.01, DE, 4333467
(41) Alm. tilgj.	1996.06.03		1994.07.07, DE, 4423980
(45) Meddelt dato	2003.06.10		1994.07.22, DE, 4426137

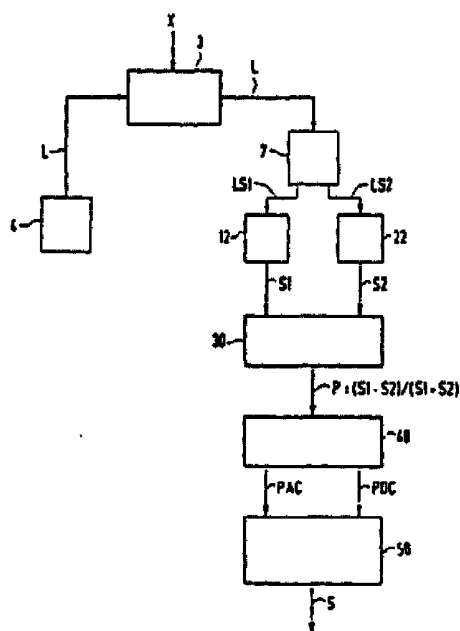
(71) Patenthaver	Siemens AG, Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München, DE
(72) Oppfinner	Thomas Bosselmann, D-91054 Erlangen, DE Peter Menke, D-91054 Erlangen, DE Joachim Niewisch, D-90425 Nürnberg, DE
(74) Fullmektig	Onsagers AS, 0130 Oslo

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte og innretning til måling av en vekslende elektrisk størrelse med temperaturkompensasjon**

(56) Anførte publikasjoner EP A1 88419

(57) Sammendrag

I et sensorelement (3) blir polarisasjonen til polarisert målelyst (2) forandret avhengig av vekselstørrelsen (X). Etter gjennomgang i sensorelementet (3) blir målelyset (2) delt i to forskjellige, lineærisert polariserte lyskomponentsignaler (LS1, LS2) som omformes til elektriske intensitetssignaler S1 og S2. Det blir deretter dannet et intensitetsnormert signal $P = (S1 - S2) / (S1 + S2)$. Fra vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P utledes et temperaturkompensert målesignal $S = (a * PAC + b * 1) / (c * PDC + d * 1)$. Dermed kan temperaturfølsomheten reduseres med en faktor på 10.



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte og innretning til måling av en elektrisk vekselstørrelse med temperaturkompensasjon. Med en elektrisk vekselstørrelse blir det i den forbindelse forstått en elektrisk vekselstrøm, en elektrisk vekselspenning eller også et elektrisk vekselfelt.

- 5 Det er kjent optiske målemetoder og måleinnretninger til måling av elektriske størrelser som strøm, spenning og felt, ved hvilken forandringen av polarisasjonen av polarisert målelys analyseres avhengig av den elektriske størrelse. Til måling av en elektrisk strøm blir i den forbindelse den magnetooptiske faraday-effekt benyttet, til måling av elektriske spenninger og felt derimot den elektrooptiske pockels-
10 effekt.

- Med faraday-effekten forstås dreiningen av polarisasjonsplanet til lineært polarisert lys avhengig av et magnetfelt. Dreievinkelen er i den forbindelse proporsjonal med
15 veiintegralet over magnetfeltet langs den av lyset tilbakelagte vei med verdet-konstantene som proporsjonalitetskonstant. Verdet-konstanten er avhengig av materialet som lyset forplanter seg i og av lysets bølgelengde. Til måling av en elektrisk strøm i en strømleder med bruk av faraday-effekten er det i nærheten av strømledningen anordnet et faraday-element som består av et optisk gjennomsiktig materiale eller generelt av glass. Lineært polarisert lys sendes gjennom faraday-
20 elementet. Det av den elektriske strøm genererte magnetfelt bevirker en dreining av lysets polarisasjonsplan i faraday-elementet med en dreievinkel som av en analyseenhet kan analyseres som mål på kraften av magnetfeltet og dermed for kraften av den elektriske strøm. Generelt omgir faraday-elementet strømlederen slik at det polariserte lys i strømlederen går rundt en kvasi-lukket vei. I dette tilfelle er verdien av polarisasjonsdreievinkelen med god tilnærming direkte proporsjonal med
25 amplituden av målestrømmen.

- I en fra WO 91/01501 kjent utførelsesform av en optisk måleinnretning til måling av en elektrisk strøm er faraday-elementet utført som en del av en optisk enmodefiber som omgir strømlederen i form av en målevikling. Det polariserte målelys går følgelig N ganger rundt strømlederen ved en gjennomgang, idet N er
30 antallet vindinger i måleviklingen. Ved såkalt transmisjonstype gjennomløper målelyset måleviklingen bare en gang. Ved refleksjonstypen er derimot den andre ende av fiberen gjort reflekterende, slik at målelyset etter en første gjennomgang av måleviklingen går en annen gang til gjennom i motsatt retning. På grunn av at faraday-effekten ikke er resiprok, er følgelig dreievinkelen ved refleksjonstypen ved
35 samme målevikling dobbelt så stor som ved transmisjonstypen.

Fra EP-B-0 088 419 er det kjent en optisk måleinnretning til måling av en strøm, hvor faraday-elementet er utført som en massiv glassring omkring strømlederen. Lys fra en lyskilde blir lineært polarisert med en polarisator og deretter koblet inn i faraday-elementet. Det lineært polariserte lys går en gang gjennom faraday-

elementet og blir deretter med wollaston-prisme som polariserende stråledeler delt i to lineært polariserte lyskomponentsignaler A og B med loddrett på hverandre rettede polarisasjonsplan. Hvert av disse to lyssignaler A og B blir over en tilhørende optisk overføringsfiber overført til en tilhørende lysdetektor og omformet til et tilsvarende elektrisk signal PA og PB. Disse to signaler PA og PB blir i en regneenhet omformet til et intensitetsnormert målesignal $M = (PA-PB)/(PA+PB)$. Dette målesignal M er uavhengig av intensitetsvariasjoner hos lyskilden eller dempninger i de optiske tilførselsledninger.

Ved den elektrooptiske pockels-effekt forstås forandringen til polarisasjonen av polarisert målelys i et materiale som viser pockels-effekten som følge av en i materialet induisert lineær dobbeltbrytning som hovedsakelig over de elektrooptiske koeffisienter er lineært avhengig av et elektrisk felt som trenger gjennom materialet. Til måling av et elektrisk felt blir et pockels-element av et materiale som viser pockels-effekten anordnet i det elektriske felt. Til måling av en elektrisk spenning blir den spenning som skal måles påtrykket to til pockels-elementet tilordnede elektroder og det tilsvarende, forekommende elektriske felt målt. Polarisert målelys sendes gjennom pockels-elementet, og forandringen av polarisasjonen til polarisert målelys avhengig av den spenning som skal måles eller det felt som skal måles, blir analysert ved hjelp av polarisasjonsanalysator.

Fra DE-C-34 04 608 er det kjent en utførelsesform av en slik måleinnretning til måling av den elektriske feltstyrke. En i det elektriske felt som skal måles anordnet sensorinnretning er over en første lysleder optisk forbundet med en lyskilde over to ytterligere lysledere med en måleinnretning. Sensorinnretningen består av en optisk seriekobling av en første linse, en polarisator, en kvartbølgelengdeplate ($\lambda/4$ -plate), et pockels-element, en polariserende stråledeler som analysator og dessuten av to til analysatoren tilordnede ytterligere linser. Lyset fra lyskilden blir over den første lysleder og den første linse tilført polarisatoren og lineært polarisert av polarisatoren. Det lineært polariserte lys gjennomgår således i $\lambda/4$ -platen en faseforskyvning med $\pi/2$ og blir derfor sirkulært polarisert. Dette sirkulært polariserte lys blir koblet inn i pockels-elementet og generelt elliptisk polarisert på grunn av det elektriske felt. Det elliptisk polariserte lys blir i analysatoren spaltet opp i to lineært polariserte lyskomponentstråler A og B med generelt loddrett mot hverandre rettede polarisasjonsplan. Hvert av disse to lyskomponentsignaler A og B blir over en av de to ytterligere linser koblet inn i en av de to ytterligere lysledere for å overføres til den tilhørende fotoelektriske omformer i måleinnretningen og der i hvert tilfelle omformet til et elektrisk signal PA og PB. Fra de to elektriske signaler PA og PB blir deretter et intensitetsnormert målesignal $M = (PA-PB)/(PA+PB)$ utledet ved hjelp av en regnemaskin i måleinnretningen. Dette intensitetsnormerte målesignal M er for det første proporsjonalt med modulasjonsgraden som mål på den elektriske feltstyrke og for det annet i stor

utstrekning uavhengig av intensitetstap over overføringsveiene eller intensitetsvariasjoner i lyskilden. Modulasjonsgraden er i den forbindelse definert som forholdet mellom signalutgangsverdien og hvileutgangsverdien til pockels-elementet. Som pockelselement blir det benyttet et krystall av $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ eller også
 5 av $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ med eulytin-struktur, som ikke har noen optisk aktivitet, iboende sirkulær dobbeltbrytning og en bare relativt svak temperaturfølsomhet.

Støyvirkninger på grunn av ytterligere lineær dobbeltbrytning i de optiske materialene til sensorelementet og de optiske overføringsveiene utgjør et problem ved alle optiske målemetoder og måleinnretninger hvor polarisasjonsendringen av
 10 polarisert målelys utnyttes som måleeffekt i et sensorelement som står under innflytelse av målestørrelsen. En slik ytterligere lineær dobbeltbrytning kan fremkalles ved mekaniske spenninger som eksempelvis skyldes bøyning eller vibrasjoner eller forårsakes av temperaturforandringer. Den ved støystørrelsene bevirkede lineære dobbeltbrytning fører til en uønsket forandring av arbeidspunktet
 15 og målefølsomheten.

Til kompensasjon av temperatureffekter er det allerede kjent forskjellige temperaturkompensasjonsmetoder.

I Proc. Conf. Opt. Fiber Sensors OFS 1988, New Orleans, sidene 288-291 og det tilhørende US-PS 4 755 665 blir det foreslått en temperaturkompensasjonsmetode
 20 for en magnetoptisk måleinnretning til måling av vekselstrømmer. Ved denne fremgangsmåte blir i analogi med den tidligere omtalte, fra EP-B-0 088 419 kjente måleinnretning, de utvunne elektriske signaler PA og PB i hvert tilfelle i et filter spaltet i sine likestrømkomponenter PA(DC) resp. PB(DC) og sine vekselstrømkomponenter PA(AC) resp. PB(AC). Fra vekselstrømkomponenten
 25 PA(AC) resp. PB(AC) og likestrømkomponenten PA(DC) resp. PB(DC) blir for hvert signal PA og PB til utjevning også av forskjellige intensitetsvariasjoner i de to overføringsstrekninger koeffisienten $Q = \text{PA(AC)}/\text{PA(DC)}$ resp. $Q_B = \text{PB(AC)}/\text{PB(DC)}$ for lyssignalene A og B dannet fra deres vekselstrømkomponent PA(AC) resp. PB(AC) og deres likestrømkomponent PA(DC) resp. PB(DC). Fra
 30 hver av disse to koeffisienter QA og QB blir det dannet en tidsmessig middelverdi MW(QA) og MW(QB) og fra disse to middelverdier MW(QA) og MW(QB) blir det til slutt dannet en koeffisient $Q = \text{MW(QA)}/\text{MW(QB)}$. I rammen av en iterasjonsmetode blir ved sammenligning med en i en verditabell (oppslagstabell) lagrede, kalibrerte verdier funnet en korreksjonsfaktor K for de funne koeffisienter
 35 Q. Den med denne korreksjonsfaktor K korrigerte verdi $Q \times K$ blir benyttet som temperaturkompensert måleverdi for en elektrisk vekselstrøm som skal måles. Med denne fremgangsmåte kan temperaturfølsomheten reduseres til ca. 1/50.

Fra EP-A-0 557 090 er det kjent en ytterligere temperaturkompensasjons-metode for en optisk måleinnretning til måling av magnetiske vekselfelt, og som utnytter

- faraday-effekten og følgelig også er egnet til måling av elektriske vekselstrømmer. Ved denne kjente fremgangsmåte blir det lineært polariserte målelys etter gjennomgang av faraday-elementet igjen spaltet i to forskjellige, lineært polariserte lyskomponentsignaler A og B i en analysator og det blir for intensitetsnormering for
- 5 hvert av de to tilhørende elektriske signaler PA og PB særskilt dannet koeffisienten $QA = PA(AC)/PA(DC)$ resp. $QB = PB(AC)/PB(DC)$ fra dens tilhørende vekselstrømkomponent PA(AC) resp. PB(AC) og dens tilhørende likestrømkomponent PA(DC) resp. PB(DC). Fra de to koeffisienter QA og QB blir det nå i en regneenhet dannet et målesignal $M = 1/((\alpha/QA) - (\beta/QB))$ med de reelle
- 10 konstanter α og β som oppfyller relasjonen $\alpha + \beta = 1$. Dette målesignal M blir beskrevet som i stor utstrekning uavhengig av på grunn av temperaturforandringer forårsakede forandringer av verdetskonstantene og den sirkulære dobbeltbrytning i faraday-elementet. Om en kompensasjon av den temperaturinduserte, lineære dobbeltbrytning er det ikke sagt noen ting.
- 15 Fra EP-A-0 586 226 er det kjent en utførelsesform av en optisk måleinnretning til måling av en elektrisk vekselspenning med temperaturkompensasjon. En optisk seriekobling av en polarisator, en $\lambda/4$ -plate, et pockels-element og en polarisert stråledeler er som analysator koblet optisk mellom en lyskilde og en analyseenhet. Rekkefølgen av $\lambda/4$ -platen og pockels-elementet i den optiske seriekobling kan
- 20 riktignok også være byttet om. Målelyset fra lyskilden blir lineært polarisert i en polarisator og etter gjennomgang av pockels-elementet spaltet i analysatoren i to komponentsignaler A og B med forskjellige polarisasjonsplan. Hvert av disse lyskomponentsignaler A og B blir omformet til et tilsvarende elektrisk intensitetssignal PA resp. PB. Således blir for intensitetsnormering for hvert av
- 25 disse to elektriske intensitetssignaler PA og PB koeffisienten $QA = PA(AC)/PA(DC)$ resp. $QB = PB(AC)/PB(DC)$ dannet fra deres tilhørende vekselsignalkomponent PA(AC) resp. PB(AC) og deres tilhørende likesignalkomponent PA(DC) resp. PB(DC). Fra de to intensitetsnormerte komponenter QA og QB blir det nå i en regneenhet dannet et målesignal $M = 1/((\alpha/QA) - (\beta/QB))$ med de reelle konstanter α og β . Ved tilpasning av disse
- 30 konstanter α og β blir målesignalet M i stor utstrekning uavhengig av den av temperaturforandringer forårsakede lineære dobbeltbrytning i $\lambda/4$ -platene.
- Kompensasjonen av intensitetsvariasjoner ved separasjon av de to signaler PA og PB i deres like- og vekselkomponenter i henhold til den omtalte kjente
- 35 fremgangsmåte til temperaturkompensasjon har som ulempe en begrenset frekvensbåndbredde av den elektriske vekselstørrelse som skal måles. For nemlig å ikke tape noen informasjon om vekselstørrelsen ved filtrering av de to signaler PA og PB, må separasjonsfrekvensen mellom like- og vekselkomponentene ligge under grunnfrekvensen til vekselstørrelsen som vanligvis ligger ved 50 Hz og i USA ved
- 40 60 Hz. Eksempelvis intensitetsvariasjoner forårsaket av vibrasjoner kan imidlertid

ligge i et frekvensområde som kommer nær en av disse frekvensene og kan således ikke elimineres med de kjente fremgangsmåter. Vil man dessuten måle vekselstrømmer eller vekselspenninger med enda lavere frekvenser enn 50 Hz, så blir de forstyrrende vibrasjonseffekter enda større med avtagende frekvens. Dette fører særlig ved deteksjon av forskjøvne veksel signaler (offset transient), dvs. vekselstrømsignaler med likestrømkomponenter, til problemer.

Hensikten med oppfinnelsen er å angi en fremgangsmåte og en innretning til måling av en elektrisk vekselstørrelse, ved hvilken virkningen av temperaturforandringer og av intensitetsvariasjoner i målesignalet i stor utstrekning kompenseres.

- 10 Denne hensikt oppnås i henhold til oppfinnelsen ved trekkene i henholdsvis krav 1 og krav 13. Polarisert målelyset kobles inn i et optisk sensorelement som står under innflytelse av den elektriske vekselstørrelse. Ved gjennomgang i sensorelementet blir polarisasjonen til målelyset forandret avhengig av den elektriske vekselstørrelse. Etter minst en gangs gjennomløp av sensorelementet blir målelyset
- 15 delt i to lineært polariserte lyskomponentsignaler med forskjellige polarisasjonsplan. Deretter blir de to lyskomponentsignaler i hvert tilfelle omformet til tilsvarende elektriske intensitetssignaler. Fra disse to intensitetssignaler dannes et intensitetsnormert signal P som svarer til koeffisienten av differansen og summen av de to intensitetssignalene og i stor utstrekning er befridd for
- 20 intensitetsvariasjoner i lyskilden eller i overføringsveiene for målelyset. Det intensitetsnormerte signal P blir nå spaltet i en veksel signalkomponent PAC og en likesignalkomponent PDC. Da med dannelsen av det intensitetsnormerte signal P alle intensitetsvariasjoner allerede hovedsakelig er kompensert, kan
- 25 separasjonsfrekvensen mellom veksel signalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC også velges meget liten. Båndbredden for frekvensen av den elektriske vekselstørrelse som skal måles, er dermed prinsipielt ikke begrenset nedad. Det kan således også kompenseres for lavfrekvente intensitetsvariasjoner som eksempelvis forårsakes av vibrasjoner. Fra veksel signalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC til det
- 30 intensitetsnormerte signal P blir det nå for den elektriske vekselstørrelse avledet et målesignal S som i stor utstrekning er temperaturkompensert.

- Oppfinnelsen er basert på den erkjennelse at veksel signalkomponenten PAC rommer informasjon om den elektriske vekselstørrelse, mens
- 35 likesignalkomponenten PDC derimot rommer informasjon om temperaturen. Disse informasjoner om vekselstørrelsen og temperaturen kan således ved hjelp av en egnet signalanalyse benyttes til utledning av det temperaturkompenserte målesignal S.

Fordelaktige utførelsesformer av målemetoden og måleinnretningen i henhold til oppfinnelsen fremgår av de vedføyde uselvstendige krav.

I en første fordelaktig utførelsesform blir målesignalet S utledet av en regneenhet i henhold til forskriften $S=(a*PAC+b*1)/(c*PDC+d*1)$, idet a, b, c og d er reelle koeffisienter med $a \neq 0$, $c \neq 0$ og $d \neq 0$, og 1 er et enhetssignal som i verdi er lik det intensitetsnormerte signal P, når ett av de to elektriske intensitetssignaler forsvinner. Ved denne koeffisientdannelse av to lineære funksjoner for vekselsignalkomponent PAC resp. likesignalkomponenten PDC fås et målesignal S ved hvilke temperatureffektene sammenlignet med det intensitetsnormerte signal P er tydelig redusert.

I en annen utførelsesform blir målesignalet S utledet fra vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC for det intensitetsnormerte signal P ved hjelp av en tidligere bestemt verditabell eller kalibreringsfunksjon.

Til ytterligere forklaring på oppfinnelsen skal det vises til tegningen, hvor

fig. 1 viser en prinsipiell utførelse av en innretning til måling av en elektrisk vekselstørrelse,

fig. 2 en utførelsesform av en normeringsenhet for en slik måleinnretning,

fig. 3 en utførelsesform av et filter for en slik måleinnretning,

fig. 4 og 5 henholdsvis en utførelsesform av en regneenhet til temperaturkompensasjonen av en slik måleinnretning,

fig. 6 en utførelsesform av en innretning til måling av en elektrisk vekselstrøm med et faraday-element,

fig. 7 en utførelsesform til måling av en elektrisk vekselspanning med et pockels-element, og

fig. 8 et diagram for målefeilen med og uten temperaturkompensasjon,

alt gjengitt skjematisk. Innbyrdes tilsvarende deler er gitt de samme henvisningstall.

Fig. 1 viser en utførelsesform av måleinnretningen til måling av en elektrisk vekselstørrelse X i en prinsipiell utførelse. Det er anordnet et sensorelement 3 som under innvirkning av den elektriske vekselstørrelse X forandrer polarisasjonen av det i sensorelementet 3 innstrålte polariserte målelys, avhengig av den elektriske vekselstørrelse X. Sensorelementet 3 kan være et faraday-element til måling av en elektrisk vekselstrøm med bruk av den magnetooptiske faraday-effekt eller også et pockels-element til måling av en elektrisk vekselspanning eller et elektrisk vekselfelt med bruk av den elektrooptiske pockels-effekt. Polarisert lys L kobles inn i sensorelementet 3. For å danne dette polariserte målelys L kan en lyskilde 4 og tilordnede ikke viste polariserende organer eller også en selvpoliserende lyskilde 4, eksempelvis en laserdiode og eventuelt ytterligere, ikke viste polariserende

- organer være anordnet. Det polariserte målelyset L går gjennom sensorelementet 3 minst en gang og får derved en av det elektriske vekselstørrelse X avhengig forandring av sin polarisasjon. Etter gjennomgang av sensorelementet 3 blir målelyset L tilført en analysator 7 og i analysatoren 7 spaltet i to lineært polariserte lyssignaler LS1 og LS2 hvis polarisasjonsplan er forskjellige fra hverandre.
- Foretrukket er polarisasjonsplanet til de to lyskomponentsignaler rette LS1 og LS2 rettet loddrett mot hverandre (ortogonal oppspaltning). Som analysator 7 kan det være anordnet polariserende stråledeler, eksempelvis en wollaston-prisme eller også to med en tilsvarende vinkel og foretrukket med 90° kryssede polarisasjonsfiltre og en enkel stråledeler med et delvis gjennomsiktig speil. Sensorelementet 3 og analysatoren 7 kan over en fristråleanordning eller også over en polarisasjonsbevarende lysleder, foretrukket en monomodellysfiber som eksempelvis en HiBi-(High Birefringence)fiber eller en polarisasjonsnøytral LoBi-(Low Birefringence)fiber, være optisk forbundet med hverandre.
- De to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 blir deretter henholdsvis ført til en fotoelektrisk omformer 12 resp. 22. Overføringen av de to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 fra analysatoren 7 til den respektive tilhørende omformer 12 resp. 22 kan skje over en fristråleanordning eller over en respektive lysleder. I omformerene 12 og 22 blir de to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 hver omformet til et elektrisk intensitetssignal S1 resp. S2 som er et mål på intensiteten av det tilhørende lyskomponentsignal LS1 resp. LS2. Disse to intensitetssignaler S1 resp. S2 blir levert til inngangene en på normeringsenhet 30. Normeringsenheten 30 danner fra de to elektriske intensitetssignaler S1 og S2 et intensitetsnormert signal $P = (S1 - S2)/(S1 + S2)$ som tilsvarende koeffisientene av differansen og summen av de to intensitetssignaler S1 og S2. Dette intensitetsnormerte signal P er hovedsakelig uavhengig av intensitetsvariasjonene til lyskilden 4 eller intensitetstapene i overføringsveien. Det intensitetsnormerte signal P blir foretrukket dannet med hjelp av analoge aritmetiske komponenter, men kan imidlertid også beregnes digitalt eller finnes ved hjelp av en lagret verditabell.
- Et problem utgjør nå imidlertid forandringer av temperaturen på grunn av temperaturindusert lineær dobbeltbrytning i de optiske materialene i den optiske måleinnretning, særlig sensorelementet 3, og den dermed forbundne forskyvning av arbeidspunktet og endringen av målefølsomheten til måleinnretningen. Disse temperaturinduserte målefeil blir nå ved hjelp av et filter 40 og en regneenhet 50 i stor utstrekning kompensert med en i det følgende beskrevet temperaturkompensasjonsmetode.
- Det på utgangen av normeringsenheten 30 forekommende intensitetsnormerte signal P blir for dette levert til inngangen på et filter 40. Filteret 40 spalter det intensitetsnormerte signal P i dets vekselsignalkomponent PAC og dets likesignalkomponent PDC som hver has på en utgang på filteret 40.

Denne veksel-signalkomponent PAC og denne likesignalkomponent PDC blir nå hver levert til en respektive inngang på regneenheten 50. Regneenheten 50 danner fra veksel-signalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC et målesignal S i henhold til forskriften

$$S = (a * PAC + b * 1)/(c * PDC + d * 1) \quad (1),$$

hvor a, b, c og d er reelle koeffisienter med $a \neq 0$, $c \neq 0$ og $d \neq 0$ og 1 et enhetssignal som motsvarer en verdi $P = 1$. Det har vist seg at med dette målesignal S at såvel ved målingen av en vekselstrøm som elektrisk vekselstørrelse X ved hjelp av et faraday-element som også ved måling av et vekselfelt eller en vekselspenning som elektrisk vekselstørrelse X ved hjelp av et pockels-element, fås et såvel overfor intensitetsvariasjoner i lyskilden og i de optiske overføringsveier som også med hensyn til sitt arbeidspunkt ved foranderlige temperaturer i stor utstrekning stabilt målesignal for de tilsvarende elektriske vekselstørrelser X. Koeffisientene a, b og c kan bestemmes eksperimentelt for optimeringen av temperaturuavhengigheten til målesignalet S. Den aritmetiske utledning av målesignalet S i henhold til ligning (1) blir foretrukket gjennomført ved hjelp av tilsvarende analoge komponenter for de aritmetiske operasjoner som skal utføres. I denne utførelsesform er en temperaturkompensasjon i sanntid mulig. Målesignalet S kan imidlertid også beregnes digitalt ved hjelp av en mikroprosessor eller datamaskin eller finnes ved hjelp av en lagret verditabell. Temperaturfølsomheten til målesignalet S er tydelig lavere enn den for det ukompenserte signal P. Målefeilen kan i den forbindelse reduseres med omtrent en faktor på omtrent 10.

Fig. 2 viser en utførelsesform av normeringsenheten 30. Det er anordnet en subtraherer 31, en adderer 32 og en dividerer 33. På henholdsvis to innganger av subtrahereren 31 og addereren 32 blir to elektriske intensitetssignaler S1 og S2 påtrykket. Det på en utgang på subtrahereren 31 forekommende differansesignal S1-S2 og det på en utgang på addereren 32 forekommende sumsignal S1+S2 blir tilført to innganger på dividereren 33. På en utgang av dividereren 33 has da det intensitetsnormerte signal $P = (S1-S2)/(S1+S2)$. Denne utførelsesformen har den fordel at intensitetsnormeringen kan skje i sanntid, når det benyttes analoge komponenter.

På fig. 3 er det vist en utførelsesform av filteret 40 til oppspalting av det intensitetsnormerte signal P i dets veksel-signalkomponent PAC og dets likesignalkomponent PDC. Filteret 40 omfatter et lavpassfilter 47 og en subtraherer 41. Det intensitetsnormerte signal P blir påtrykket en inngang på lavpassfilteret 47. På en utgang på lavpassfilteret 47 has da likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P og som svarer til frekvenskomponentene av det intensitetsnormerte signal P som ligger under en forhåndsgitt separasjonsfrekvens for lavpassfilteret 47. Denne separasjonsfrekvensen for lavpassfilteret 47 kan også

innstilles lavt fordi intensitetsvariasjoner allerede er eliminert ved den forutgående intensitetsnormeringen i normeringsenheten 30 og således forstyrrende høyfrekvent intensitetsvariasjoner, eksempelvis på grunn av vibrasjoner, ikke lenger forstyrrende kan påvirke veksel-signalkomponenten PAC. Veksel-signalkomponenten PAC blir nå enkelt dannet ved subtraksjon av likesignalkomponenten PDC fra totalsignalet P ved hjelp av subtraheren 41. For dette blir det intensitetsnormerte signal P og likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P påtrykket to innganger på subtraheren 41.

I stedet for de på fig. 3 viste utførelsesformer av filteret 40 kan det naturligvis også være anordnet et høypassfilter og et lavpassfilter til bortfiltrering av vekselkomponenten PAC resp. likesignalkomponenten PDC, eller også et høypassfilter til bortfiltrering av veksel-signalkomponenten PAC og en subtraherer til utledning av likesignalkomponenten PDC og subtraksjon av veksel-signalkomponenten PAC fra totalsignalet P.

Fig. 4 og 5 viser to særlig enkle utførelsesformer av regneenheten 50 og den i denne regneenhet 50 gjennomførte beregning av målesignalet S.

I utførelsesformen i henhold til fig. 4 rommer regneenheten 50 en adderer 52 og en dividerer 53. Adderen 52 danner et sumsignal $PDC + K' \cdot 1$ fra likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P og et med en forhåndsgitt reell korreksjonsfaktor K' multiplisert enhetssignal 1 . For dette blir adderen 52 tilført likesignalkomponenten PDC og det med korreksjonsfaktoren K' multipliserte enhetssignal 1 som inngangssignaler. Enhetssignalet 1 motsvarer i den forbindelse verdimeessig til det intensitetsnormerte signal $P = \pm 1$ som fås når nettopp ett av de to intensitetssignalene $S1$ eller $S2$ forsvinner. Dette er eksempelvis tilfelle når $S2 = 0$ og $S1 \neq 0$. På utgangen av adderen 52 has således sumsignalet $PDC + K' \cdot 1$ fra likesignalkomponenten PDC og det med korreksjonsfaktoren K' multipliserte enhetssignal 1 . Koeffisienten $PAC/(PDC + K' \cdot 1)$ dannes av dividereren 53 fra veksel-signalkomponenten PAC og sumsignalet $PDC + K' \cdot 1$. For dette påtrykkes på en første inngang på dividereren 53 veksel-signalkomponenten PAC og på en annen inngang på dividereren 53 sumsignalet $PDC + K' \cdot 1$ fra adderen 42. Den på utgangen av dividereren 53 forekommende koeffisient blir benyttet som målesignal

$$S = PAC / (PDC + K' \cdot 1) \quad (2)$$

for den elektriske vekselstørrelse X. Ved et egnet eksperimentelt valg av korreksjonsfaktoren K' kan temperaturavhengigheten til målesignalet S minimeres.

I den på fig. 5 viste utførelsesform av regneenheten 50 er det i stedet for adderen 52 anordnet en forsterker 54 og en adderer 55 som til sammen utgjør organer til generering av et sumsignal $K \cdot PDC + 1$ fra den med en forhåndsgitt reell korreksjonsfaktor K multipliserte likesignalkomponent PDC og enhetssignalet 1 .

For dette blir likesignalkomponenten PDC levert til forsterkeren 54 som inngangssignal og i forsterkeren 54 multiplisert med den på korreksjonsfaktoren K innstilte forsterkningsfaktor til forsterkeren 54. Utgangssignalet $K \cdot PDC$ fra forsterkeren 54 blir levert som et første inngangssignal til en inngang på addereren 55. Et annet inngangssignal på den annen inngang på addereren 55 utgjør enhetssignalet $\underline{1}$. Således has på utgangen av addereren 55 sumsignalet $K \cdot PDC + \underline{1}$. På en første utgang på dividereren 53 påtrykkes igjen som på fig. 4 veksel-signalkomponenten PAC, mens den annen inngang på dividereren 53 nå er forbundet med utgangen på addereren 55. På utgangen av dividereren 53 has således koeffisienten $PAC / (K \cdot PDC + \underline{1})$ fra veksel-signalkomponenten PAC og sumsignalet $K \cdot PDC + \underline{1}$. Denne koeffisient blir nå benyttet som målesignal

$$S = PAC / (K \cdot PDC + \underline{1}) \quad (3)$$

for den elektriske vekselstørrelse X. Dette målesignal S er liksom målesignalet S i henhold til fig. 4 og ligning 2 såvel med hensyn til temperaturendringer som også intensitetsforandringer i stor utstrekning stabilt.

Korreksjonsfaktoren K blir foretrukket innstilt slik at temperaturuavhengigheten til målesignalet S i det minste er tilnærmet minimal.

Beregningen av målesignalet S kan i samtlige utførelsesformer skje i sanntid, da regneenheten 40 kan realiseres med analoge komponenter.

På fig. 6 er det vist en utførelsesform av en måleinnretning til måling av en elektrisk vekselstrøm I i en strømleder 2 med et til strømlederen 2 tilordnet faraday-element 3' som sensorelement.

Lineært polarisert målelyst L fra en lineært polarisert lyskilde 4 blir over en foretrukket polarisasjonsbevarende lysleder 34 koblet inn i faraday-elementet 3', etter minst en gjennomgang i faraday-elementet 3' igjen koblet ut av faraday-elementet 3' og over en foretrukket polarisasjonsbevarende lysleder 37 levert til analysatoren 7. Overføringen av det utkoblede målelyst fra faraday-elementet 3 til analysatoren 7 kan imidlertid også skje over en fristråleanordning. Det utkoblede målelyst har på grunn av faraday-effekten en polarisasjon dreiet med en ikke vist målevinkel α . Målevinkelen α er i den forbindelse avhengig av en vekselstrøm I i strømlederen 2.

I den på fig. 6 viste utførelsesform er faraday-elementet 3' dannet med en lysleder, foretrukket en optisk fiber som omgir strømlederen 2 i en målevikling med minst en målevinding. Lyslederen til faraday-elementet 3' er i hvert tilfelle forbundet med lyslederen 34 til tilførsel av målelyst L og med lyslederen 37 til fjerning av målelyst L over en spleis 35 eller 39.

- Som faraday-element 3' kan det imidlertid også være anordnet et eller flere massive legemer av et faraday-materiale som danner en lysvei for målelyset og fortrinnsvis en glassring. Faraday-elementet 3' må ikke omgi strømlederen 2 i en lukket lysvei, men kan imidlertid også bare være anordnet i romlig nærhet ved siden av
- 5 strømlederen 2. Dessuten er ved siden av den viste utførelsesform av transmisjonstypen, ved hvilken målelyset går gjennom faraday-elementet 3' bare i en retning, også en utførelsesform av refleksjonstypen mulig, med hvilken målelyset L etter en første gjennomgang i faraday-elementet 3' tilbakereflekteres og går gjennom faraday-elementet 3' en gang til i motsatt retning.
- 10 Det fra faraday-elementet 3' utkoblede lys blir av analysatoren 7 spaltet i to lineært polariserte lyssignaler LS1 og LS2 med forskjellige og foretrukket innbyrdes loddrette polarisasjonsplan. For dette er det som analysator 7 foretrukket anordnet en polariserende stråledeler som eksempelvis er et wollaston-prisme. Det kan for denne funksjon riktignok også være anordnet to med en tilsvarende vinkel og
- 15 foretrukket med 90° kryssede polarisasjonsfiltre og en enkel stråledeler.
- De to lyssignaler LS1 og LS2 blir deretter omformet i tilordnede optoelektriske omformere 12 resp. 22 for hvilke de foretrukket i forsterkerkretsen koblete fotodioder er anordnet, til elektriske intensitetssignaler S1 resp. S2 som er et mål på lysintensitetene til de forekommende lyssignaler LS1 resp. LS2.
- 20 De elektriske intensitetssignaler S1 og S2 blir nå levert til normeringsenheten 30 som foretrukket er bygget opp som vist på fig. 2. På en utgang på normeringsenheten 30 has det intensitetsnormerte signal $P = (S1 - S2) / (S1 + S2)$. Dette intensitetsnormerte signal P er kompensert for intensitetsvariasjoner, dvs. variasjon i lysintensiteter spesielt ved mikrobøyetap i lyslederen på grunn av vibrasjoner eller
- 25 spesielle mekaniske effekter eller på grunn av variasjoner i intensiteten til lyskilden 4, er praktisk talt eliminert.
- For nå også å foreta en temperaturkompensasjon blir det intensitetsnormerte signal P fra filteret 40 spaltet i sin vekselsignalkomponent PAC og sin likesignalkomponent PDC. For dette er igjen lavpassfilteret 47 og subtrahereren 41
- 30 anordnet som i utførelsesformen i henhold til fig. 3. Det kan naturligvis også anvendes andre utførelsesformer av filteret 40.
- Vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC blir nå levert til en regneenhet 50. Den viste regneenhet 50 motsvarer en fordelaktig utførelsesform i henhold til fig. 5 og ligning 3, men er imidlertid ikke begrenset til denne
- 35 utførelsesform og kan eksempelvis også være utført i henhold til fig. 4 og ligning (2) eller til utledning av et målesignal S i henhold til ligning (1). Som målesignal S for den elektriske vekselstrøm blir i den viste utførelsesform således koeffisienten $PAC / (K * PDC + 1)$ benyttet.

Avhengigheten til målesignalet S av temperaturen kan minimeres ved egnet valg av korreksjonsfaktoren K. I en særlig fordelaktig utførelsesform blir for dette den ikke viste innkoblingsvinkel η til polarisasjonsplanet av det i faraday-elementet 3' innkoblet lineære polariserte målelyst L i forhold til en egenakse for den lineære dobbeltbrytning i faraday-elementet 3' og den likeledes ikke viste utkoblingsvinkel θ mellom denne egenakse og egenaksen til analysatoren 7 samt korreksjonsfaktoren K innstilt slik at i det minste tilnærmet betingelsene

$$\cos(2\cdot\theta + 2\cdot\eta) = -2(3\cdot K) \quad (4a)$$

$$\sin(2\cdot\theta - 2\cdot\eta) = 1 \quad (4b)$$

er oppfylt.

En egenakse for et dobbeltbrytende materiale er i den forbindelse definert av polarisasjonstilstanden som igjen forlater materialet uforandret. Mulige vinkelverdier som løsninger på de nevnte ligninger (4a) og (4b) er eksempelvis $\eta = 10,45^\circ$ og $\theta = 55,45^\circ$ for $K=2$. Avvik av de vinkelverdier som eksakt oppfyller de nevnte betingelser (4a) og (4b) er særlig ved store lineær og/eller sirkulær dobbeltbrytning i faraday-elementet 3' mulige og kan utgjøre inntil 5° .

Beregninger ga at ved slike i avhengighet av korreksjonsfaktoren K valgte innkoblingsvinkler η og utkoblingsvinkler θ har målesignalet S en særlig enkel avhengighet av faraday-dreievinkelen eller målevinkelen α . Da gjelder nemlig med god tilnærming relasjonen

$$S = \sin(2\cdot\alpha) \quad (5)$$

Dette målesignal motsvarer det teoretiske målesignal for målevinkelen α uten dobbeltbrytningseffekter. Derved blir analysemetoden særlig enkel. Ved de forhåndsgitte inn- og utkoblingsvinkler η resp. θ skal korreksjonsfaktoren K nettopp innstilles slik at målesignalet S til måleinnretningen tilsvarer målesignalet ved en ikke forekommende dobbeltbrytning. Med denne korreksjonsfaktor K er måleinnretningen da justert til minimal temperaturdrift.

Legges beregningen av målesignalet S derimot til grunn for den eksempelvis med en regneenhet 50 i henhold til fig. 4 gjennomførbare forskrift $S=PAC/(PDC+K'\cdot 1)$ i henhold til ligning (2), så lyder relasjonene mellom korreksjonsfaktoren K' og innkoblingsvinkelen η samt utkoblingsvinkelen θ som følger

$$\cos(2\cdot\theta + 2\cdot\eta) = -(2/3)\cdot K' \quad (6a)$$

$$\sin(2\cdot\theta - 2\cdot\eta) = 1 \quad (6b)$$

Med i henhold til disse ligninger (6a) og (6b) innstilte vinkler η og θ avhengig av korreksjonsfaktoren K' fås som målesignal

$$S = (1/K') \cdot \sin(2 \cdot \alpha) \quad (7),$$

som motsvarer det teoretiske målesignal $\sin(2 \cdot \alpha)$ uten dobbeltbryting inntil en skalering med faktoren $1/K'$.

- 5 Mulige vinkelverdier som løsninger på de nevnte ligninger (6a) og (6b) er eksempelvis $\eta = 10,45^\circ$ og $\theta = 55,45^\circ$ for $K' = 1$. Avvik fra de vinkelverdier som eksakt oppfyller betingelsene (6a) og (6b) er særlig ved stor lineær og/eller sirkulær dobbeltbrytning av faraday-elementet 3 mulige og kan utgjøre inntil ca. 5° .

- Fig. 7 viser en utførelsesform av en innretning til måling av en elektrisk vekselspanning U som vekselstørrelse X med et pockels-element 3". Den vekselspanning U som skal måles, kan påtrykkes over to elektroder 35 og 36 til pockels-elementet 3". Polarisert målelyset L kobles inn i pockels-elementet 3". Dette målelyset L går gjennom pockels-elementet 3" og undergår i den forbindelse en av den påtrykte vekselspanning U avhengig forandring av sin polarisasjon. Vekselspanningen U blir i den viste utførelsesform påtrykket loddrett til lysforplantningsretningen av målelyset L (transversal utførelsesform), men kan imidlertid også påtrykkes parallelt til lysforplantningsretningen (longitudinal utførelsesform). Som organ til innkobling av målelyset L i pockels-elementet 3" er det anordnet en lyskilde 4, eksempelvis en lysdiode, og en polarisator 5 til lineær polarisering av lyset fra lyskilden 4. Lyskilden 4 og polarisatoren 5 er foretrukket optisk innbyrdes forbundet over en lysleder 43, eksempelvis en multimodelysfiber, men kan imidlertid også være optisk koblet til hverandre ved hjelp av en fristrålekobling. Til innkobling av lyset fra lyslederen 43 i polarisatoren 5 er det foretrukket anordnet en kollimatorlinse 25 (grinlinse). Fra polarisatoren 5 blir nå lineært polarisert målelyset koblet inn i pockels-elementet 3". Etter gjennomgang i pockels-elementet 3 blir målelyset L over en $\lambda/4$ -plate 6 levert til analysatoren 7. I analysatoren 7 blir målelyset L spaltet i to lineært polariserte lyskomponentsignaler LS1 og LS2 hvis polarisasjonsplan er forskjellige fra hverandre. Foretrukket er polarisasjonsplanet til de to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 rettet loddrett til hverandre (ortogonal oppspaltning). Som analysator 7 kan det være anordnet en polariserende stråledeler, eksempelvis en wollaston-prisme eller også to med en forhåndsgitt vinkel, foretrukket 90° , kryssede polarisasjonsfiltre og en enkel stråledeler.

- De to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 blir foretrukket over henholdsvis en kollimatorlinse 11 resp. 21 koblet inn i henholdsvis en lysleder 10 resp. 20 og over denne lysleder 10 resp. 20 hver tilført en tilhørende fotoelektrisk omformer 12 resp. 22. I omformerne 12 og 22 blir to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 hver omvandlet til et elektrisk intensitetssignal S1 resp. S2 som er et mål på intensiteten av det tilhørende lyskomponentsignal LS1 resp. LS2. Disse to intensitetssignaler S1 resp. S2 blir levert til inngangene på en normeringsenhet 30. Normeringsenheten 30

danner fra de to elektriske intensitetssignaler S1 og S2 et intensitetsnormert signal $P=(S1-S2)/(S1+S2)$ som motsvarer koeffisienten av differansen og summen av de to intensitetssignaler S1 og S2. Dette intensitetsnormerte signal P er hovedsakelig uavhengig av intensitetsvariasjonene til lyskilden 4 eller intensitetstapene i

5 overføringsveiene.

Arbeidspunktet til måleanordningen blir foretrukket innstilt slik at det ved analysatoren 7 has sirkulært polarisert målelyset, mens det ved pockels-elementet 3" ikke has noe elektrisk felt. To egenakser for den lineære dobbeltbrytning i pockels-elementet 3" er i disse tilfelle "jevnt belyst" av målelyset L. Det betyr at den på de

10 to egenakser projiserte komponenter av målelyset L i hvert tilfelle har den samme intensitet. Generelt er derfor de to lyskomponentsignaler LS1 og LS2 likeledes like kraftige med hensyn til sin intensitet og det intensitetsnormerte signal P er lik null for $U = 0$ V. Ved påtrykking av en vekselspanning $U \neq 0$ V på pockels-elementet 3" blir komponentene av målelyset langs den elektrooptiske aktive egenakse for den

15 lineære dobbeltbrytning i pockels-elementet 3" forandret med hensyn til intensitet avhengig av vekselspanningen U.

En slik forandring av polarisasjon av målelyset L blir imidlertid også forårsaket ved en forandring av temperaturen i pockels-elementet 3" og også $\lambda/4$ -platen 6 eller en dermed bevirket temperaturavhengig lineær dobbeltbrytning.

20 Temperaturforandringer fører således til en forskyvning av arbeidspunktet til måleinnretningen. Denne temperaturavhengige arbeidspunktdrift blir nå ved hjelp av filteret 40 og regneenheten 50 i stor utstrekning kompensert ved den allerede omtalte temperaturkompensasjonsmetode.

Det på en utgang av normeringsenheten 30 forekommende intensitetsnormerte signal P blir for dette levert til en inngang på filteret 40. Filteret 40 spalter det intensitetsnormerte signal P i det vekselingsalkomponent PAC og dets

25 likesignalkomponent PDC som hver has på en utgang av filteret 40. Denne vekselingsalkomponent PAC og denne likesignalkomponent PDC blir nå hver levert til en inngang på regneenheten 50. Regneenheten 50 danner fra

30 vekselingsalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC et målesignal S i henhold til forskriften

$$S = (a * PAC + b * \underline{1}) / (c * PDC + d * \underline{1}),$$

hvor a, b, c og d er reelle koeffisienter med $a \neq 0$, $c \neq 0$ og $d \neq 0$ og $\underline{1}$ er et enhetssignal.

35 Ved intensitetsnormeringen i normeringsenheten 30 og den påfølgende temperaturkompensasjon ved hjelp av filteret 40 og regneenheten 50 fås således et målesignal S for den elektriske vekselspanning U og som i stor utstrekning er befridd for såvel intensitetsvariasjoner som også temperaturpåvirkninger.

I stedet for den på fig. 7 viste optiske seriekobling av polarisatoren 5, pockels-elementet 3", $\lambda/4$ -platen 6 og analysatoren 7 kan det også være anordnet en optisk seriekobling av polarisatoren 5, $\lambda/4$ -platen 6, pockels-elementet 3" og analysatoren 7, det vil si at rekkefølgen er $\lambda/4$ -platen 6 og pockels-elementet 3" nettopp er blitt byttet om. I dette tilfelle blir målelyset L før innkoblingen i pockels-elementet 3" sirkulært polarisert.

I tillegg kan det i steden for lyskilden 4 og polarisatoren 5 også være anordnet en lyskilde til sending av polarisert lys, som eksempelvis en laserdiode, for innkobling av polarisert målelyset L i henholdsvis pockels-elementet 3" og $\lambda/4$ -platen 6.

Lyslederen 43 er da foretrukket en polarisasjonsbevarende lysleder.

Overføringen av lyskomponentsignalene LS1 resp. LS2 kan videre også skje i en fristråleanordning. Analysatoren 7 kan i tillegg være optisk forbundet med henholdsvis $\lambda/4$ -platen 6 og pockels-elementet 3" over en polarisasjonsbevarende lysleder.

Fig. 8 viser i et diagram målte kurver for temperaturavhengigheten av målesignalet S og det ukompenserte signal P. Målefeilen $\epsilon = \epsilon(T)$ er tegnet inn som funksjon av temperaturen T. De enkelte punkter motsvarer målte verdier. Den med ϵ_p tegnede kurve tilsvarende målefeilen avhengig av temperaturen ved et ennå ikke temperaturkompensert signal P. Den tilnærmet lineære stigning av målefeilen med økende temperatur kan ses. Den med ϵ_s betegnede målekurve motsvarer målefeilen avhengig av temperaturen ved temperaturkompensert målesignal S. Målefeilen er i henhold til dette vesentlig konstant over temperaturen. De viste måleverdier ble målt med en innretning i henhold til fig. 6 for måling av en elektrisk vekselstrøm.

Målesignalet S kan dessuten utledes ved hjelp av en av formlene (1), (2) og (3) i en ikke vist utførelsesform også ved hjelp av en på forhånd funnet og i minst ett minne innlagt verditabell eller en på forhånd funnet, lagret kalibreringsfunksjon av vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC for det intensitetsnormerte signal P. Hvert verdipar for vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC blir ved hjelp av verditabellen eller kalibreringsfunksjonen tilordnet målesignalet S som funksjonen $F(PAC, PDC)$ av vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC. Ved for aktuelle signaler PAC og PDC som ligger mellom de lagrede verdier, blir det interpolert på vanlig art og måte. Den tilhørende funksjon $F(PAC, PDC)$ kan finnes eksperimentelt eller approksimeres teoretisk.

I en særlig utførelsesform blir som funksjon $F(PAC, PDC)$ for målesignalet S produktet $PAC \cdot f(PDC)$ av vekselsignalkomponenten PAC og en funksjon $f(PDC)$ av bare likesignalkomponenten PDC benyttet. Funksjonen $f(PDC)$ kan i den forbindelse for reduksjon av antallet nødvendige kalibreringsmålinger også

approksimeres av en lineær eller kvadratisk funksjon av likesignalkomponenten PDC som fit-funksjon med tilsvarende tilpassede koeffisienter.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte til måling av en elektrisk vekselstørrelse (X), omfattende
 - a) å koble polarisert målelyset (L) inn i et under innvirkning av den elektriske vekselstørrelse (X) stående sensorelement (3), slik at polarisasjonen av målelyset (L) ved gjennomgang av sensorelementet (3) endres avhengig av den elektriske vekselstørrelse (X),
 - b) å dele målelyset (L) etter gjennomgang av sensorelementet (3) i to lineært polariserte lyskomponentsignaler (LS1, LS2) med forskjellige polarisasjonsplan,
 - 10 c) å omforme de to lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) i henholdsvis et elektrisk intensitetssignal (S1 resp. S2),
 - d) å utlede et intensitetsnormert signal $P = (S1 - S2) / (S1 + S2)$ fra disse to elektriske intensitetssignaler S1 og S2,
 - e) å spalte dette intensitetsnormerte signal P opp i dets vekselstrømskomponent PAC og det likesignalkomponent PDC, og
 - 15 f) å utlede fra vekselstrømsignalkomponenten PAC og likestrømskomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P et i stor utstrekning temperaturkompensert målesignal S for den elektriske vekselstørrelse (X).
2. Fremgangsmåte i henhold til krav 1,
 - 20 k a r a k t e r i s e r t v e d at målesignalet S utledes av vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P i henhold til forskriften
 - $$S = (a \cdot PAC + b \cdot 1) / (c \cdot PDC + d \cdot 1)$$
, hvor a, b, c og d er reelle koeffisienter med $a \neq 0$, $c \neq 0$ og $d \neq 0$ og 1 er enhetssignal som i verdi er lik det intensitetsnormerte signal P
 - 25 når ett av de to intensitetssignaler S1 og S2 forsvinner.
3. Fremgangsmåte i henhold til krav 2,
 - k a r a k t e r i s e r t v e d at koeffisientene a, b, c og d innstilles slik at temperaturavhengigheten av målesignalet S i det minste er tilnærmet minimal.
4. Fremgangsmåte i henhold til krav 2 eller krav 3,
 - 30 k a r a k t e r i s e r t v e d at koeffisientene a, b, c og d hovedsakelig innstilles i henhold til følgende forskrift: $a=1$, $b=0$, $c=K$ og $d=1$, idet K er en reell korreksjonsfaktor.
5. Fremgangsmåte i henhold til krav 2 eller krav 3,
 - 35 k a r a k t e r i s e r t v e d at koeffisientene a, b, c og d innstilles i henhold til følgende forskrift: $a=1$, $b=0$, $c=1$ og $d=K'$, idet K' er en reell korreksjonsfaktor.
6. Fremgangsmåte i henhold til krav 1,
 - k a r a k t e r i s e r t v e d at målesignalet S utledes fra vekselsignalkomponenten

PAC og likesignalkomponenten PDC av det intensitetsnormerte signal P ved hjelp av en på forhånd funnet verditabell eller kalibreringsfunksjoner.

7. Fremgangsmåte i henhold til krav 1-6, til måling av en elektrisk vekselspanning (U) eller et elektrisk vekselfelt,
5 k a r a k t e r i s e r t v e d at det som sensorelement benyttes et pockels-element (3").
8. Fremgangsmåte i henhold til et av kravene 1-6 til måling av en elektrisk vekselstrøm (I) i en strømleder (2),
10 k a r a k t e r i s e r t v e d at det som sensorelement benyttes et til strømlederen (2) tilordnet faraday-element (3').
9. Fremgangsmåte i henhold til et av kravene 1-8,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det benyttes lineærisert polarisert målelys (L).
10. Fremgangsmåte i henhold til et av kravene 1-7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det benyttes sirkulært polarisert målelys (L).
- 15 11. Fremgangsmåte i henhold til kravene 4, 8 og 9,
k a r a k t e r i s e r t v e d at korreksjonsfaktoren K og innkoblingsvinkelen η til polarisasjonsplanet det i faraday-elementet (3') innkoblede målelys (L) i forhold til en for egenakse for den lineære dobbeltbrytning i faraday-elementet (3') samt
20 utkoblingsvinkelen θ mellom denne egenakse for den lineære dobbeltbrytning og en egenakse for en til oppdelingen av målelyset (L) i de to lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) anordnet analysator (7) innstilles på en slik måte at de i det minste tilnærmet oppfyller følgende betingelser:

$$\cos(2\theta + 2\eta) = -2/(3K)$$

$$\sin(2\theta - 2\eta) = 1.$$
- 25 12. Fremgangsmåte i henhold til krav 5, 8 og 9,
k a r a k t e r i s e r t v e d at korreksjonsfaktoren K' og innkoblingsvinkelen η til polarisasjonsplanet for det i faraday-elementet (3') innkoblede målelys (L) i forhold til en måleakse for den lineære dobbeltbrytning i faraday-elementet (3') samt
30 utkoblingsvinkelen θ mellom denne egenakse for den lineære dobbeltbrytning og en egenakse for en til oppdeling av målelyset (L) i de to lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) anordnet analysator (7) innstilles på en slik måte at de i det minste tilnærmet oppfyller de følgende betingelser

$$\cos(2\theta + 2\eta) = -(2/3)*K'$$

$$\sin(2\theta - 2\eta) = 1.$$
- 35 13. Innretning til måling av en elektrisk vekselstørrelse (X), omfattende
a) organer (4, 5) til innkobling av polarisert målelys (L) i et under innvirkning

av den elektriske vekselstørrelse (X) stående optisk sensorelement (3), i hvilket polarisasjonen av målelyset (L) forandres avhengig av den elektriske vekselstørrelse (X),

- b) et organ (7) til oppdeling av målelyset (L) for gjennomgang av sensorelementet (3) i to lineært polariserte lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) i forskjellige polarisasjonsplan,
- c) organer (12, 22) til omforming av de to lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) til henholdsvis et elektrisk intensitetssignal S1 resp. S2,
- d) et organ (30) til utledning av hvert intensitetsnormert signal $P = (S1-S2)/(S1+S2)$ fra de to elektriske intensitetssignaler S1 og S2,
- e) et organ (40) til oppspalting av dette intensitetsnormerte signal P i dets vekselsignalkomponent PAC og likesignalkomponent PDC, og
- f) et organ (50) til utledning av et målesignal S for den elektriske vekselstørrelse (X) fra vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P.

14. Innretning i henhold til krav 13, karakterisert ved at organene til utledning av målesignalet S fra vekselsignalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC for det intensitetsnormerte signal P innbefatter en enhet (50) som bestemmer målesignalet S i henhold til forskriften
- $$S = (a \cdot PAC + b \cdot 1) / (c \cdot PDC + d \cdot 1),$$
- idet a, b, c og d er reelle koeffisienter med $a \neq 0$, $c \neq 0$ og $d \neq 0$ og 1 et enhetssignal som i verdi er lik det intensitetsnormerte signal P når et av de to intensitetssignaler S1 og S2 forsvinner.

15. Innretning i henhold til krav 14, karakterisert ved at koeffisientene a, b, c og d er slik innstilt at temperaturavhengigheten av målesignalet S i det minste er tilnærmet minimal.

16. Innretning i henhold til krav 14 eller 15, karakterisert ved at koeffisientene a, b, c og d er innstilt i henhold til følgende forskrift: $a=1$, $b=0$, $c=K$ og $d=1$, idet K er en reell korreksjonsfaktor.

17. Innretning i henhold til krav 14 eller 15, karakterisert ved at koeffisientene a, b, c og d er innstilt i henhold til følgende forskrift $a=1$, $b=0$, $c=1$ og $d=K'$, idet K' er en reell korreksjonsfaktor.

18. Innretning i henhold til et av kravene 13-17, til måling av en elektrisk vekselspenning (U) eller et elektrisk vekselfelt, karakterisert ved at det som sensorelement er anordnet et pockels-element (3").

19. Innretning i henhold til et av kravene 13-17 til måling av en elektrisk vekselstrøm (I), karakterisert ved at det som sensorelement er anordnet et faraday-element (3').
- 5 20. Innretning i henhold til et av kravene 13-18, karakterisert ved organene (4, 5, 6) til innkobling av sirkulært polarisert målelyset (L) kobler inn i sensorelementet (3).
21. Innretning i henhold til et av kravene 13-19, karakterisert ved at organene (4, 5) til innkobling av lineært polarisert målelyset (L) kobler inn i sensorelementet (3).
- 10 22. Innretning i henhold til kravene 16, 19 og 21, karakterisert ved at korreksjonsfaktoren K og innkoblingsvinkelen η til polarisasjonsplanet for det i faraday-elementet (3') innkoblede målelyset (L) i forhold til en egenakse for den lineære dobbeltbrytning i faraday-elementet (3') samt
- 15 utkoblingsvinkelen θ mellom denne egenakse for den lineære dobbeltbrytning og en egenakse av en til oppdeling av målelyset (L) i de to lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) anordnet analysator (7) innstilles på en slik måte at de i det minste tilnærmet oppfyller følgende betingelser:
- $$\cos(2\theta + 2\eta) = -2/(3K)$$
- $$\sin(2\theta - 2\eta) = 1.$$
- 20 23. Innretning i henhold til kravene 17, 19 og 21, karakterisert ved at korreksjonsfaktoren K' og innkoblingsvinkelen η til polarisasjonsplanet for det i faraday-elementet (3') innkoblede målelyset i forhold til en egenakse for den lineære dobbeltbrytning i faraday-elementet (3') samt
- 25 utkoblingsvinkelen θ mellom denne egenakse av den lineære dobbeltbrytning og en egenakse av en for oppdeling av målelyset i de to lyskomponentsignaler (LS1 og LS2) anordnet analysator (7) innstilles på en slik måte at de i det minste tilnærmet oppfyller de følgende betingelser
- $$\cos(2\theta + 2\eta) = -(2/3) \cdot K'$$
- $$\sin(2\theta - 2\eta) = 1.$$
- 30 24. Innretning i henhold til krav 13, karakterisert ved at organene til utledning av målesignalet S fra veksel-signalkomponenten PAC og likesignalkomponenten PDC til det intensitetsnormerte signal P minst omfatter et minne til lagring av en på forhånd funnet verditabell eller kalibreringsfunksjon.

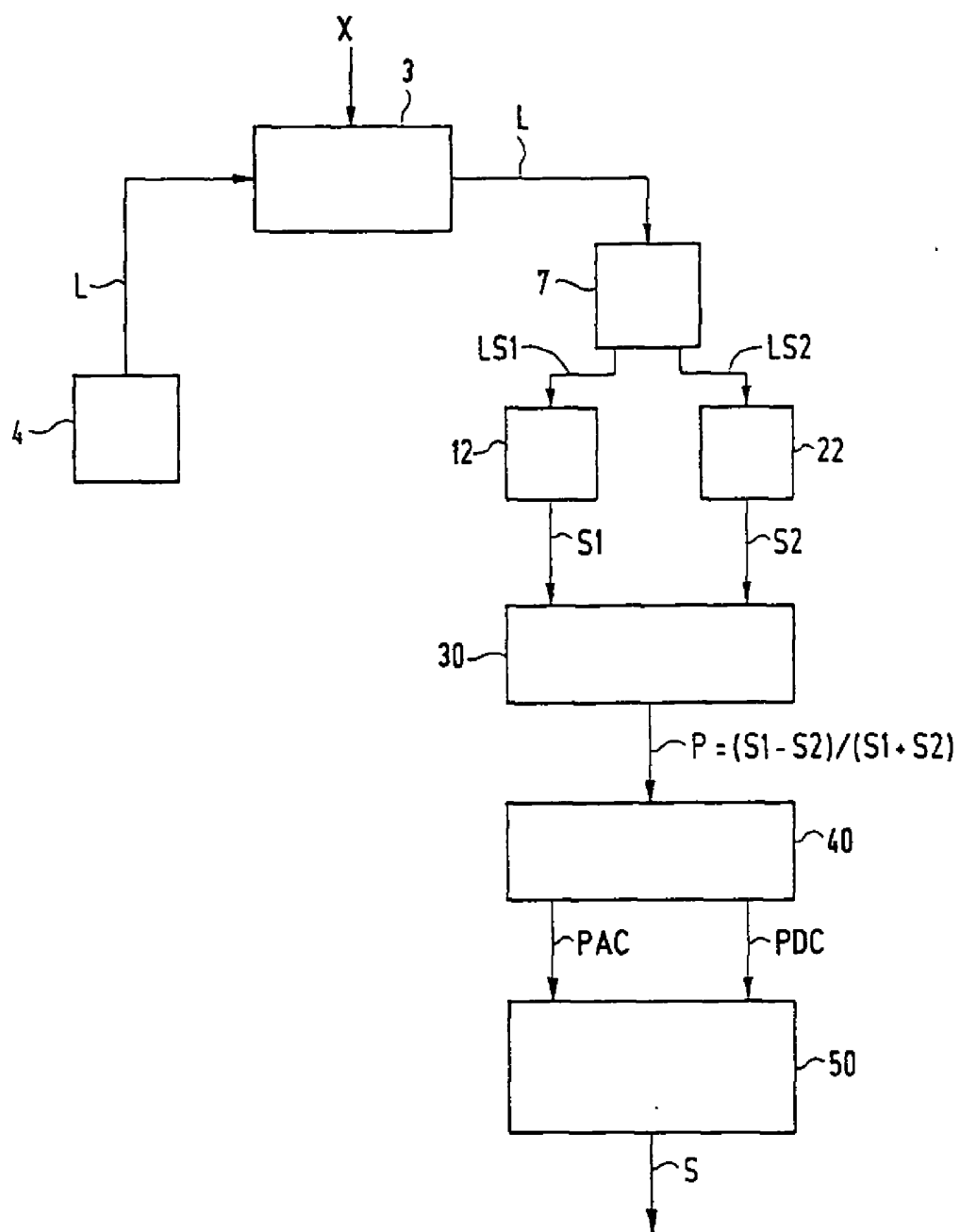


FIG 1

2/6

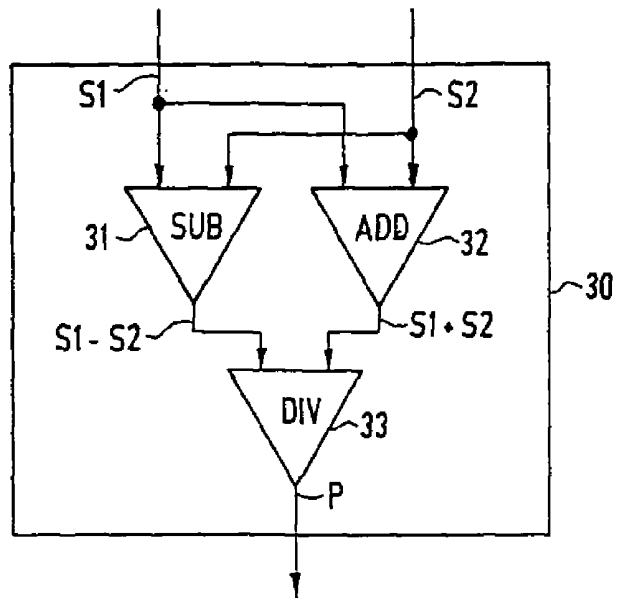


FIG 2

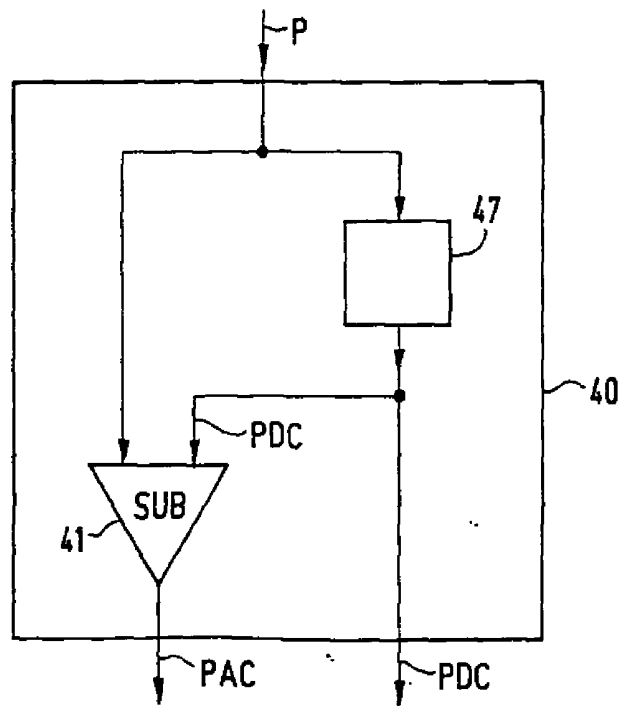


FIG 3

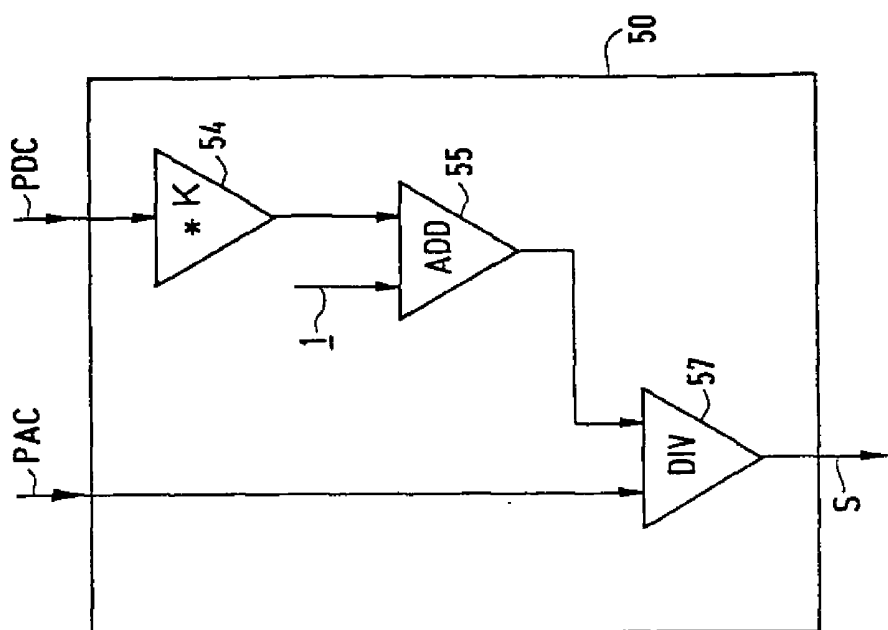


FIG 5

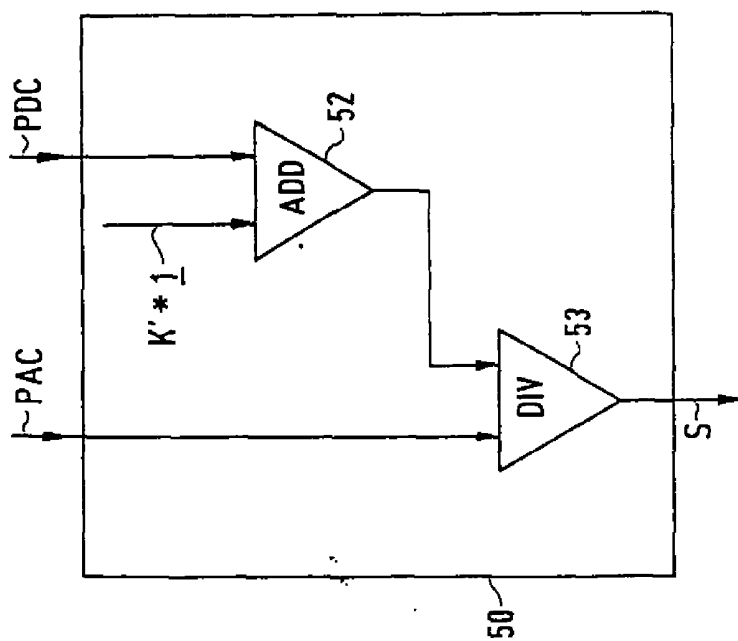


FIG 4

4/6

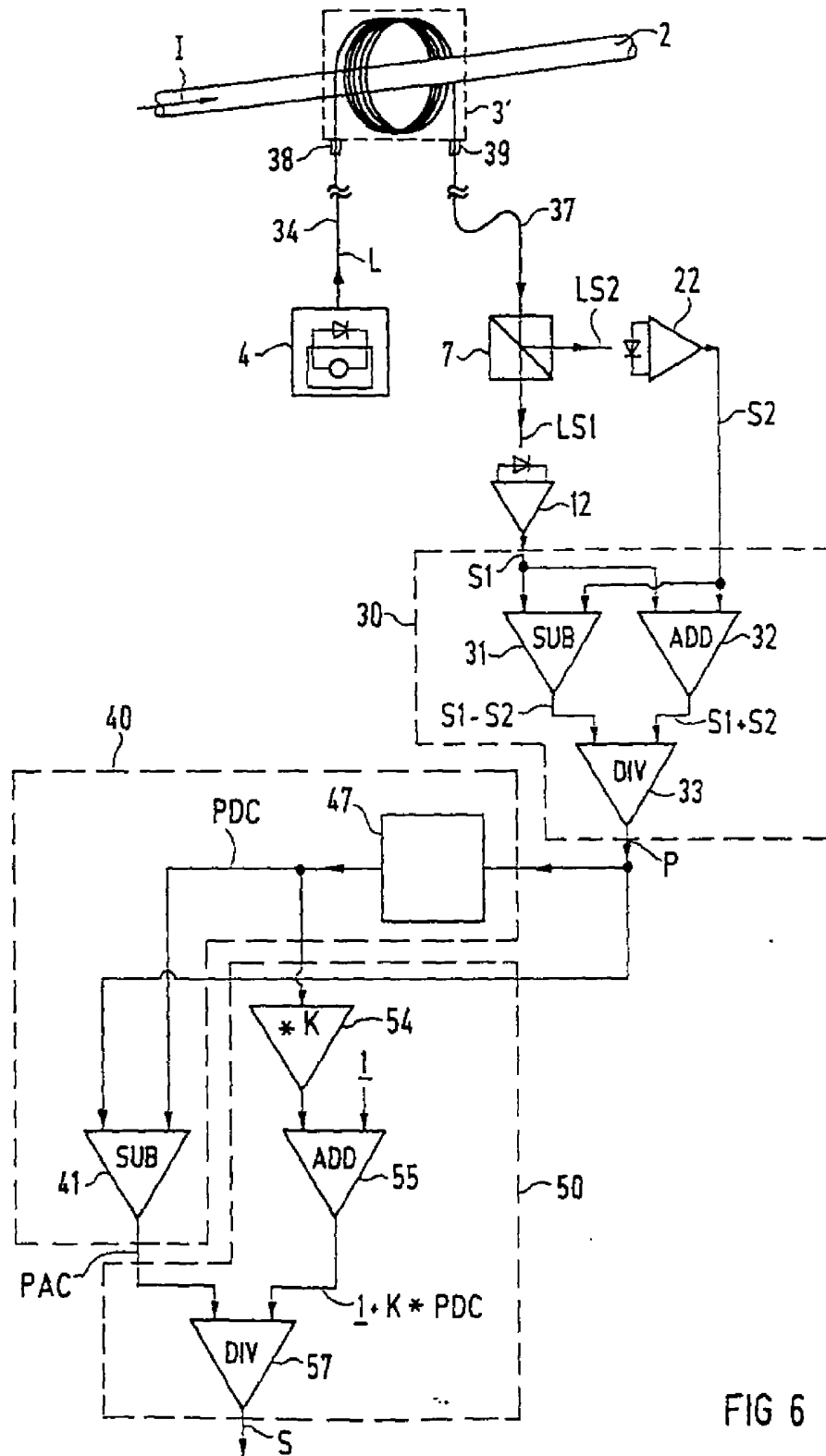


FIG 6

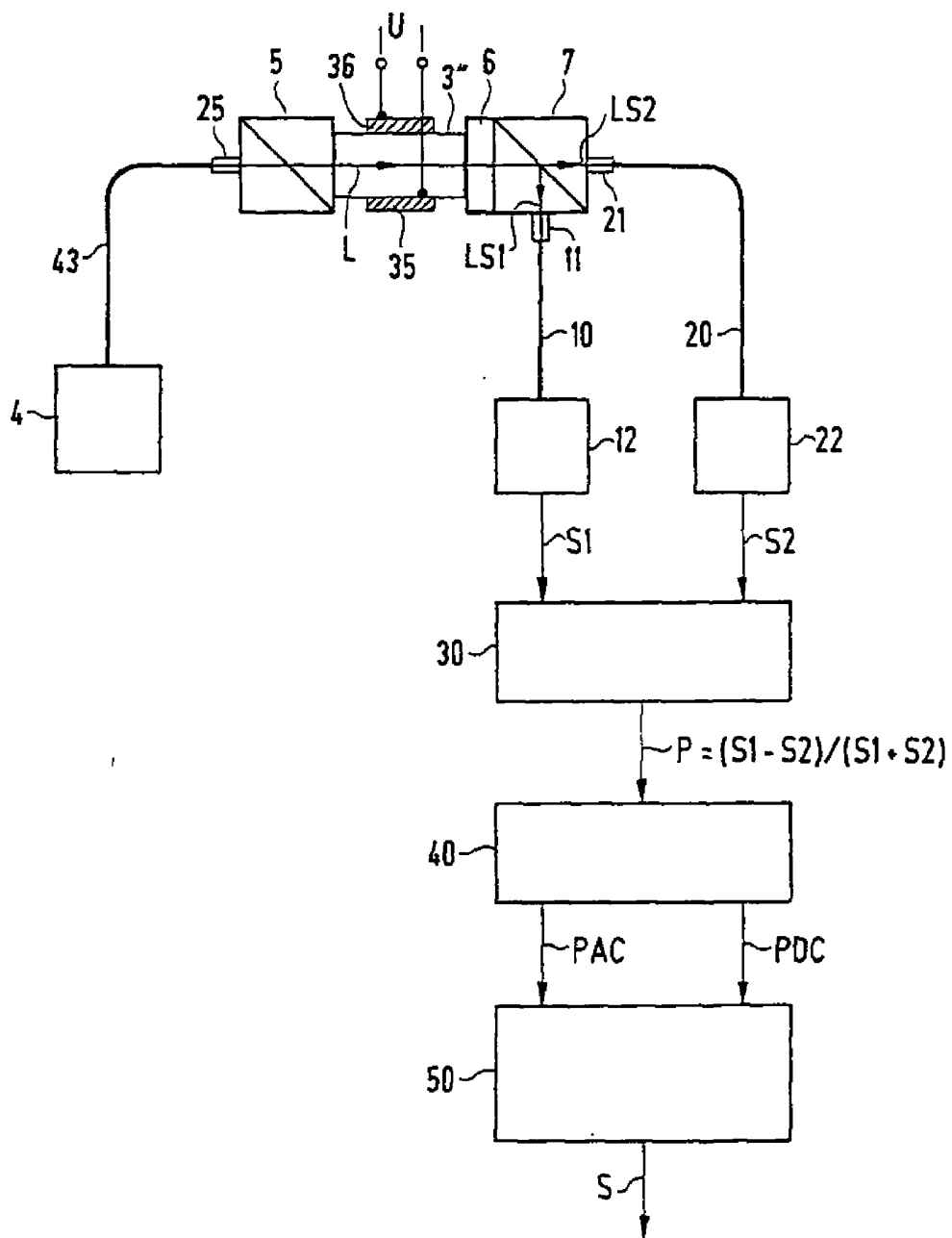


FIG 7

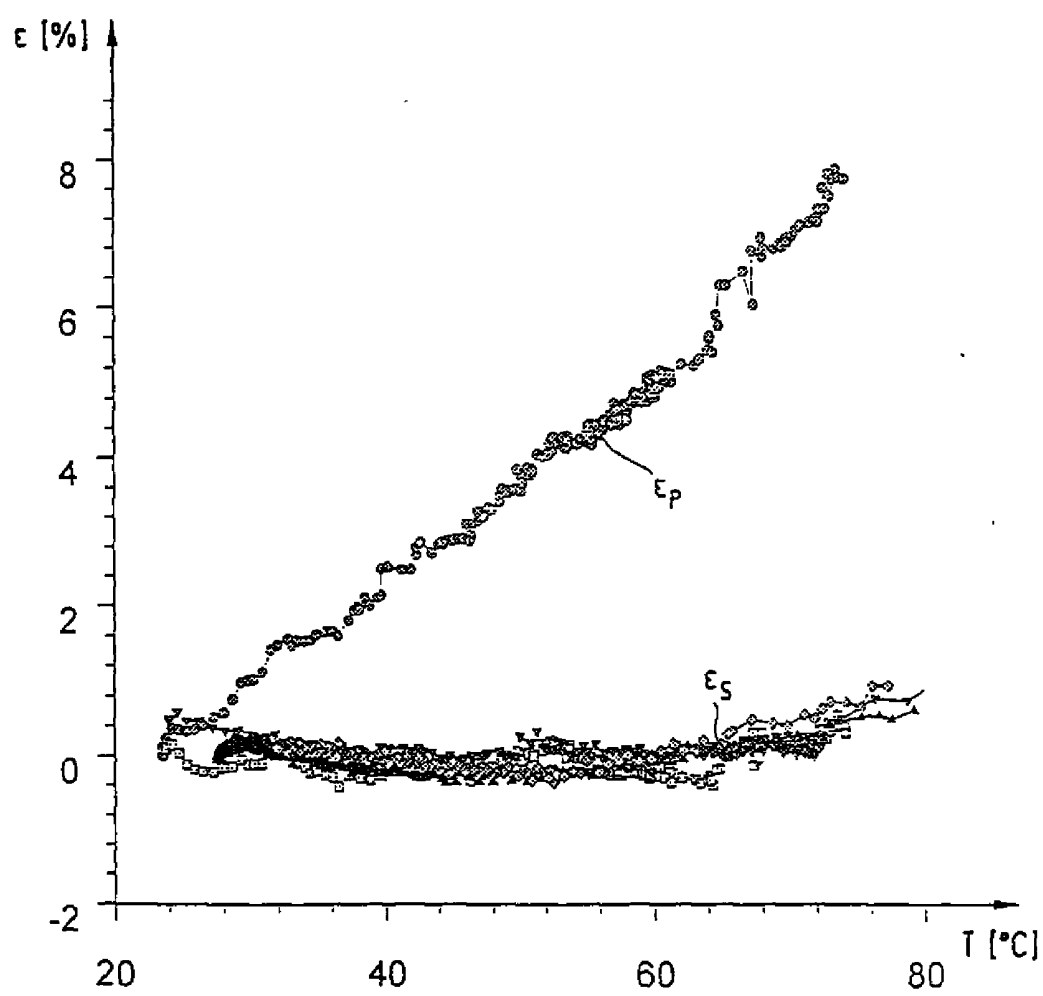


FIG 8