



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(51) Int Cl⁷

(11) 319675

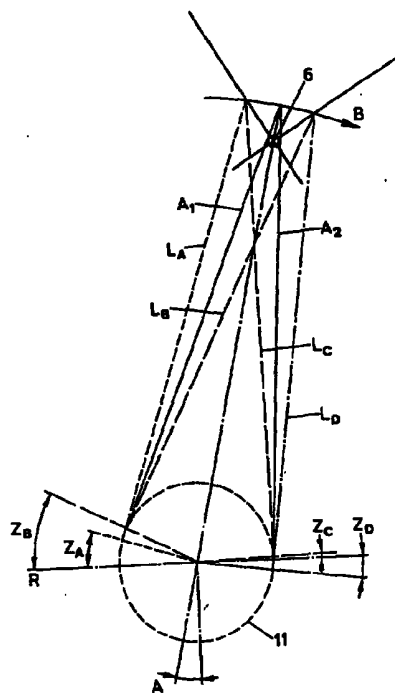
G 01 S 17/46

(13) B1

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19984335	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1997.03.17 PCT/CH97/00111
(22)	Inng.dag	1998.09.18	(85)	Videreføringsdag	1998.09.18
(24)	Løpedag	1997.03.17	(30)	Prioritet	1996.03.20, EP, 96104405
(41)	Alm.tilgj	1998.09.18			
(45)	Meddelt	2005.09.05			
(73)	Innehaver	J. Mueller AG, Vogelsangstrasse 6, CH-8307 Effretikon, CH			
(72)	Oppfinner	Heinz Jaeger, Volketswil, CH			
(74)	Fullmektig	Arild Friberg - Bryn & Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 Oslo, NO			
(54)	Betegnelse	Fremgangsmåte for optisk måling av relative vinkler			
(56)	Anførte publikasjoner	WO A1 89/11709 WO A1 94/00778			
(57)	Sammendrag				

For å beregne avstand og vinkelstilling av en måleplattform (1) i forhold til referansemarkeringer (6) blir det fra måleplattformen (1) ved hjelp av lyssendere (4, 5) sendt ut vifteformede lysstråler ($L_A, \dots, L_D$). Lyssenderne er da anordnet slik på en sirkelbane (11) for rotasjon om midtpunktaksen (2), at lysviftene ($L_A, \dots, L_D$) blir utsendt tangensialt på sirkelbanen (11). Ut i fra vinkelen ($Z_A, \dots, Z_D$) for den reflekterte lysvifte som mottas av måleplattformen kan avstand og vinkelstilling beregnes ved hjelp av trigonometriske beregningsforløp. Ved hjelp av anordningen i henhold til oppfinnelsen er det mulig i løpet av en omdreining av lyssenderen å utføre nøyaktige målinger av avstand og vinkelstilling, også ved en bevegelig måleplattform (1).



Foreliggende oppfinnelse angår en fremgangsmåte for optisk måling av den relative vinkel mellom en måleinnretning og målepunkter i avstand fra denne ved hjelp av utsendte optiske stråler fra måleinnretningen og i form av vifteformede strålebånd som ved hjelp av refleksjonsmidler anbrakt på målepunktene reflekteres tilbake på måleinnretningen samt mottas av denne, hvorunder den utgående lysstråle sveipes eller roteres om en akse på måleinnretningen, og idet det ved lysstrålens gjennomgang gjennom begynnelsen av et forut bestemt vinkelområde i forhold til måleinnretningen settes igang en telling med en viss telletakt, inntil lysstrålen har nådd enden av vinkelområdet, og den foreliggende tellerverdi lagres ved mottakelse av en reflektert, tilbakespeilet lysstråle, og den relative vinkel beregnes ved fastleggelse av forholdet mellom tellerverdiene, såvel som en måleinnretning for utførelse av fremgangsmåten.

En slik fremgangsmåte er f.eks. kjent fra PCT-søknad WO 94/00778. I denne er det angitt en fremgangsmåte for måling av vinkelen mellom en måleplattform og målepunkter, hvorved en lysstråle i form av et plant vifteformet bånd sveipes om måleplattformens høydeakse og ved hjelp av refleksjonsmidler anbrakt på målepunktene speiles tilbake til måleplattformen. På denne måleplattform foreligger en tellerinnretning, som hver gang den vifteformede passerer en fastlagt begynnelsesposisjon begynner å telle med en viss telletakt, og ved hver mottakelse av en lysstråle lagrer den foreliggende tellerverdi. Ut i fra forholdet mellom de forskjellige telleverdier kan den relative vinkel mellom refleksjonsmiddelet og måleplattformens utgangsposisjon beregnes.

Det har imidlertid nå vist seg at særlig nøyaktigheten av denne kjente fremgangsmåte ved forskjellige forhold ved måleplattformen, særlig ved bevegelse av måleplattformen i forhold til refleksjonsmidlene ikke er i stand til å gi tilstrekkelig nøyaktige måleresultater som tilsvare de fordringer som stilles. Videre er det heller ikke mulig å utføre en direkte beregning av avstanden mellom måleplattformen og refleksjonsmidlene ved hjelp av den tidligere fremgangsmåte eller de kjente anordninger, og separat utstyr må anvendes for dette formål.

WO 89/11709 beskriver en anordning for å skanne omgivelsene, hvor emitterne er anordnet på en slik måte at det sendes ut i det minste to lysstråler tangensialt med en sirkelbue med sentrum i en rotasjonsakse (16). Anordningen har

4 emittere, hvorav 2 emitter lys tangensialt i rotasjonsretningen og 2 emitter lys tangentialt i motsatt retning av rotasjonsretningen.

Formålet for foreliggende oppfinnelse er da å forbedre den kjente fremgangsmåte på en slik måte at på den ene side er mulig å oppnå en direkte avstandsmåling, og på den annen side nøyaktigheten av måleresultatene kan økes, også for løpende endrede forhold for måleplattformen, særlig måleplattformens hastighet i forhold til refleksjonsmidlene.

Dette formål oppnås i henhold til oppfinnelsen ved hjelp av de kjennetegnende særtrekk som er angitt i patentkrav 1.

Foretrukne utførelsesformer av oppfinnelsen fremgår videre av de avhengige patentkrav 2 til 4.

I henhold til oppfinnelsen foreslås for utførelse av oppfinnelsen en måleanordning i samsvar med patentkrav 5.

Foretrukne utførelsesformer av måleinnetningen fremgår videre av de avhengige patentkrav 6 til 8.

Den symmetriske anordning av fire lyssenderne på en sirkelbane konsentrisk med dreieaksen og med tangensial lysutsendelse med hensyn på dreieaksen, muliggjør da den direkte måling av avstanden til referansemarkeringene. Videre oppnås ved anordning av de fire lyssendere en økning av nøyaktigheten, da vinkel- og avstandsverdiene kan utledes på grunnlag av flere måleverdier i løpet av en omdreining.

Anordningen i henhold til oppfinnelsen tillater også en mere problemløs installasjon av lyssenderne og lysmottakerne i måleanordningens apparatus, da disse ikke lenger behøver å bygges inn rettet mot apparatusets midtpunkt.

Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen samt anordningene i samsvar med oppfinnelsen egner seg særlig for måling fra bevegelige plattformer, f.eks. fra skinnegående kjøretøy.

Utførelseseksempler for oppfinnelsen vil i det følgende bli enda nærmere omtalt under henvisning til tegningene, hvorpå:

Fig. 1 viser et lengdesnitt gjennom en tidligere kjent måleinnetning,

Fig. 2 skjematisk angir måleprosessen i samsvar med tidligere kjent metode,

Fig. 3 angir skjematisk måleprosessen i henhold til oppfinnelsen for måling av asimutvinkelen,

Fig. 4 angir skjematisk måleprosessen i henhold til oppfinnelsen for måling av elevasjonsvinkelen,

5 Fig. 5 angir skjematisk måleprosessen i henhold til oppfinnelsen for måling av avstanden,

Fig. 6 angir lyssenderens vinkelområder ved en måleinnretning i henhold til oppfinnelsen, og

10 Fig. 7 angir skjematisk hvorledes måleinnretningens bevegelse tas i betraktning ved beregning av vinkel og avstand.

I fig. 1 er det nå vist en vanlig kjent måleinnretning 1 for optisk måling av relative vinkler mellom denne innretning og referansemarkeringer 6 i avstand fra denne. I det sylinderformede apparatus 3 som er dreibart om den vertikale akse 2, er det f.eks. anordnet 2 lyssendere 4, 5 radially vinkelrett på vertikalaksen 2. Disse lyssendere 4, 5 sender ut lysstråler L_1 som er vifteutfoldet i et plant radially i forhold til den vertikale akse. Når en slik lysstråle L_1 treffer en referansemarkering 6, så blir denne reflektert som en refleksjonsstråle R_1 og mottas over linsen 7 og en fiberoptikk 8 av en lysfølsom sensor 9.

15 Lysviftene $L_{1,2}$ utfoldes i vifteform fortrinnsvis i en vinkel på 45° i forhold til horisontalretningen, hvorved de to lysvifter som frembringes av lyssenderne 4 og 5 er anordnet slik at de er rettet vinkelrett på hverandre.

Med en slik anordning kan da de relative vinkler fra måleinnretningen til referansemarkeringene beregnes, slik som skjematisk angitt i fig. 2. Ved hver omdreining av apparatuset 3 blir i en bestemt stilling en teller innstilt til null, T_0 og begynner å telle med en bestemt tellertakt. Denne utløsning av telleren finner f.eks. sted ved hjelp av en elektrisk/ optisk kontakt 10 på måleinnretningens apparatus 3. Så snart sensoren 9 mottar et reflektert signal, f.eks. når lysviften L_1 , passerer referansemarkeringen 6, blir den tilsvarende tellerverdi T_1 lagret. Det samme finner sted når den andre lysvifte L_2 passerer, slik at i dette tilfelle tellerverdien T_2 lagres. Telleren stopper når den har nådd en bestemt fastlagt dreievin-
 30 kel Z_T og den tilsvarende tellerverdi T_T lagres. På grunnlag av disse verdier kan da de relative vinkler $Z_{1,2}$ i forhold til den fastlagte referanseretning R ganske enkelt

beregnes ut i fra forholdet av tellerverdiene $T_{1,2}$ til tellerverdien T_T . Denne beregning har den fordel at den er uavhengig av omdreiningshastigheten, hvilket vil si at svingninger i rotasjonshastigheten blir automatisk kompensert.

Anvendelse av to lysvifter L_1 og L_2 som er rettet i en bestemt vinkel i forhold til hverandre, slik som her f.eks. 90° , gjør det mulig å beregne de to romvinkler elevasjon og asimut i forhold til lyssenderne 4, 5, henholdsvis linsen 7. I fig. 2 er dette forhold antydnet ved opptegning av de to lysvifter L_1 , L_2 som linjer vinkelrett på hverandre gjennom referansemarkeringen 6. De stiplede linjer 2 som utgår fra midtpunktet 2 angir herunder de vinkelverdier hvorved lyssignalene L_1 , L_2 reflekteres fra referansemarkeringen 6. I det viste eksempel ligger referansemerket 6 litt under det plan vinkelrett på dreieaksen 2 hvori lyssenderne 4, 5 er rettet. En nøyaktig beskrivelse av denne beregningsprosess er angitt i den innledningsvis omtalte offentliggjørelse WO 94/0078.

I fig. 3 er nå måleprosessen ved en anordning av lyssenderne i henhold til oppfinnelsen angitt. Således omfatter den foretrukne utførelsesform fire lyssendere som er anordnet symmetrisk på en sirkelbane 11, hvorved lyssendere som ligger nærmest hverandre sender ut sine lysstråler eller lysvifter $L_{A,...,D}$ motsatt rettet tangensielt på sirkelbanen 11. Lysviftene $L_{A,B}$, henholdsvis $L_{C,D}$, for lyssendere som hver for seg sender ut lysstråler i samme retning, er fortrinnsvis anordnet i en vinkel i forhold til hverandre, fortrinnsvis på 90° . Dette er atter i fig. 3 angitt ved to linjer vinkelrett på hverandre og som krysser hverandre i referansemarkeringen 6. Den bue B som er påført pilhode angir her det horisontalplan hvori lyssenderne er anordnet.

De stiplede linjer L_A , L_B , L_C og L_D angir nå lyssendernes lysvifter i det øyeblikk hvor de forskjellige lysvifter reflekteres fra referansemarkeringen 6. Vinklene, henholdsvis tellerverdiene for disse lysvifter er også her angitt i forhold til en referanselinje R. I dette eksempel er disse vinkler Z_A , Z_B , Z_C og Z_D som ifølge den ovenfor beskrevne metode kan beregnes ut i fra tellerverdiene. For å beregne asimutvinkelen A for måleinnretningen 1 i forhold til referanseinnretningen 6, kan da middelveien av disse vinkler dannes på følgende måte:

$$A_1 = \frac{Z_A + Z_B}{2} \quad (1)$$

$$A_2 = \frac{Z_C + Z_D}{2} \quad (2)$$

og følgelig blir da asimutvinkelen A:

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad (3)$$

Elevasjonen, hvilket vil si den målte vinkel til referansemarkeringen 6 i forhold til planet B for lyssenderne, kan som skjematisk angitt i fig. 4 beregnes på følgende måte:

$$E_1 = \frac{Z_B + Z_A}{2} \quad (4)$$

$$E_2 = \frac{Z_C + Z_D}{2} \quad (5)$$

og elevasjonsvinkelen P blir da følgelig

$$P = \frac{E_1 + E_2}{2} \quad (6)$$

Ved hjelp av anordningen i henhold til oppfinnelsen kan man nå også gjennomføre en avstandsberegning, slik som skjematisk angitt i fig. 5. For dette formål anvendes da på nytt asimutdata i henhold til fig. 3, henholdsvis formlene (1) og (2). Ved beregning av mellomvinkelen W og idet den halve avstand r mellom lyssenderne tas i betraktning, kan avstanden D fra måleinnretningen 1 til referanseinnretningen 6 ganske enkelt beregnes på følgende måte:

$$D = \frac{\frac{W}{2}}{\sin \frac{W}{2}} \quad (7), \text{ hvor } W = A_1 - A_2$$

Anordningen i henhold til oppfinnelsen frembringer derved ved en omdreining på fordelaktig måte alle nødvendige måleverdier for beregning av elevasjons- og asimutvinkelen såvel som avstanden.

Fortrinnsvis blir verdiene bare beregnet og videre bearbeidet etter at de reflekterte signaler fra alle fire lyssendere er mottatt. Dette kan finne sted ved en enkel etterprøving av de beregnede verdier, da de beregnede mellomverdier for asimut $A_{1,2}$ og for elevasjon $E_{1,2}$ må være praktisk talt like og oppviser store avvik når det foreligger feil i ett av de reflekterte signaler.

I henhold til oppfinnelsen bør fortrinnsvis de utsendte lysvifter $L_A, \dots, L_D$ fra lyssenderne bare utsendes over hvert sitt bestemte vinkelområde, som også bør være tilpasset beregningen av vinkelverdiene. Dette vil f.eks. fremgå av fig. 6 a) til h), hvor det skjematisk er vist planskisser av måleinnretningens kappe 3 sett ovenfra. Pilen P viser i fig. 6 a) på utgangspunktet 0 for målingen. Ved dette utgangspunkt blir f.eks. den første lyssender aktivert slik at den sender ut lysviften L_A . Derved er utstrålingsvinkelen for lysviften L_A fast definert med hensyn til dette utgangspunkt og kan anvendes for beregningen av vinkelverdiene slik som det tidligere er beskrevet. Etter å ha oppnådd en bestemt vinkelverdi blir lysviften L_A koplet ut, slik som vist i fig. 6 b). Ved den videre dreining blir de øvrige lyssendere for lysviftene L_B til L_D likeledes innkoplet og utkoplet innenfor bestemte vinkelområder, slik det fremgår av figurene 6 c) til h). Disse vinkelområder velges f.eks. som angitt slik at alle fire lyssendere hovedsakelig sveiper over det samme vinkelområdet i forhold til måleinnretningen 1.

Ved den beregning som er angitt ved disse figurer og formler er det gått ut fra at det under måling av de fire basisverdier $Z_A, \dots, Z_D$ ingen eller bare en forsvinnende liten relativ bevegelse finner sted mellom referansemarkeringen 6 og måleinnretningen 1, og således den angitte geometri av sirkelen 11 er korrekt. Denne antakelse har vist seg å være korrekt ved høye omdreiningshastigheter av måleinnretningen 1 og ved forholdsvis store avstander mellom måleinnretningen 1 og

referansemarkeringen 6. Når imidlertid denne avstand er forholdsvis liten og samtidig en ikke lenger foreligger en relativ bevegelse som man kan se bort fra, så må det i henhold til oppfinnelsen kompenseres for dette forhold.

Anvisning og beregning av en slik kompensasjon er vist skjematisk i fig. 7.

- 5 Fig. 7 a) viser de forskjellige reflekterte lysvifter L_A til L_D fra referansemarkeringen 6 på stedene WM_A til WM_D på bevegelsesaksen V for måleinnretningen 1. Stedene WM_A til WM_D blir hver for seg fastlagt ved midtpunktet eller aksene 2 for måleinnretningen 1 og blir utledet ved hjelp av en egen veimåleinnretning av vanlig kjent utførelse. For beregning av avstanden D mellom bevegelsesretningen V og referansemarkeringen 6 er imidlertid de angitte strekninger W_1 til W_4 nødvendig.
- 10 Disse kan beregnes ut i fra kjente trigonometriske prinsipper på følgende måte, hvor verdien for W_1 som referansepunkt settes lik null:

$$W_1 = 0 \quad (8)$$

15

$$W_2 = WM_C - WM_B - \frac{R}{\cos Z_C} - \frac{R}{\cos Z_B} \quad (9)$$

$$W_3 = WM_A - WM_B - \frac{R}{\cos Z_A} - \frac{R}{\cos Z_B} \quad (10)$$

20

$$W_4 = WM_D - WM_B - \frac{R}{\cos Z_D} - \frac{R}{\cos Z_B} \quad (11)$$

Ut i fra dette kan nå avstanden D beregnes ut i fra følgende formler:

$$D = \frac{W_4}{\sin(Z_D - Z_B)} * \cos Z_B * \cos Z_D \quad (12)$$

25

$$D = \frac{W_3 - W_2}{\sin(Z_A - Z_C)} * \cos Z_C * \cos Z_A \quad (13)$$

Middelverdien av disse to verdier kan nå uledes.

Med utgangspunkt fra disse verdier kan nå videre elevasjonsverdier utledes ved hjelp av kjente trigonometriske beregninger.

5 Det vil være klart at alt etter anvendelsesområdet kan også andre vinkelavsnitt enn de som eksempel er angitt i fig. 6, bestemmes for de enkelte lyssendere. Eventuelt kan også disse vinkelverdier endres eller tilpasses dynamisk under løpende målesykler.

Fortrinnsvis kan det spesielt sørges for at lyssenderne ikke bare er anord-
10 net i et eneste plan B, men også f.eks. i to eller flere plan som ligger over hverandre og er forsynt med lyssendere.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for optisk måling av den relative vinkel mellom en måleinnretning (1) og målepunkter i avstand fra denne ved hjelp av optiske stråler ($L_{1,2}$)
5 som går ut fra måleinnretningen (1) i form av et vifteutformet bånd, som i kraft av refleksjonsmidler (6) som er anbrakt på målepunktene speiles tilbake på måleinnretningen og mottas av denne, idet den utgående lysstråle (L_1, L_2) sveipes eller roteres om en akse (2) for måleinnretningen, og ved lysstrålens passasje gjennom begynnelsen av et vinkelområde som er fastlagt i forhold til måleinnretningen (1)
10 settes et telleforløp i gang med en viss telletakt inntil lysstrålen har nådd enden av vinkelområdet, samt ved mottakelse av en reflektert, tilbakespeilet lysstråle (R_1) blir den da foreliggende telleverdi ($T_{1,2}$) lagret, mens den relative vinkel ($Z_{1,2}$) beregnes under utnyttelse av forholdet mellom tellerverdiene,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det sendes ut fire lysstråler ($L_{A,B,...}$) tangensialt med
15 en sirkelbue (11) med sentrum i rotasjonsaksen (2), der hver etterfølgende lysstråle er forskjøvet med 90° med hensyn til rotasjonsaksen (2), idet lysstråler ($L_{A,B}$) sendes ut tangensialt i rotasjonsretningen og lysstråler ($L_{C,D}$) sendes ut tangensialt motsatt rotasjonsretningen.
- 20 2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hver lysstråle ($L_{A,...,D}$) sendes ut under rotasjonen innenfor et bestemt tilordnet vinkelområde for vedkommende stråle.
3. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 1 eller 2,
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at det ved beregning av vinkelen ($Z_{A,...,D}$) tas med i betraktningen måleinnretningens relative bevegelse (V) i forhold til refleksjonsmiddelet (6) i form tilbaketilgjengelige avstander ($WM_{1,...,4}$) frem til vedkommende tidspunkt hvor de reflekterte signaler mottas.
- 30 4. Fremgangsmåte som angitt i krav 3,
k a r a k t e r i s e r t v e d at vinkelstillingene ($Z_{A,...,D}$) ved de reflekterte lyssignaler ($L_{A,...,D}$) under en omdreining av måleinnretningen (1) utledes og anvendes for beregning av elevasjonsvinkelen og/eller asimutvinkelen og/eller avstanden.

5. Måleinnretning for utførelse av den fremgangsmåte som er angitt i et av kravene 1 til 4, og som er utstyrt med minst en lyssender (4, 5), en lysfølsom sensor (7) samt telle- og bestemmelsesmidler, hvor lyssenderen (4, 5) og sensoren (7) er anordnet for dreining om en rotasjonsakse (2) for måleinnretningen (1),
5 k a r a k t e r i s e r t v e d at fire lyssenderutganger er anordnet i aksial symmetri i forhold til rotasjonsaksen (2), der hver etterfølgende lysstråle er forskjøvet med 90° med hensyn til rotasjonsaksen (2), der nabobeliggende lyssenderutganger har motsatte utgangsretninger, idet utgangene til lyssenderne (4, 5) så vel som de til-
10 hørende sensorer (7) er anordnet for tangensial utstråling på en sirkelbane (11) som er konsentrisk med rotasjonsaksen (2).

6. Måleinnretning som angitt i krav 5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at alle lyssenderutganger er anordnet i samme plan
15 (B) og vinkelrett på rotasjonsaksen (2).

7. Måleinnretning som angitt i krav 5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at lyssenderutganger og sensorer er anordnet i minst to parallelle plan som er anordnet vinkelrett på rotasjonsaksen (2).

20

8. Måleinnretning som angitt i et av kravene 5 til 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at lyssenderne og/eller lyssenderutgangene utgjøres av laserlyssendere.

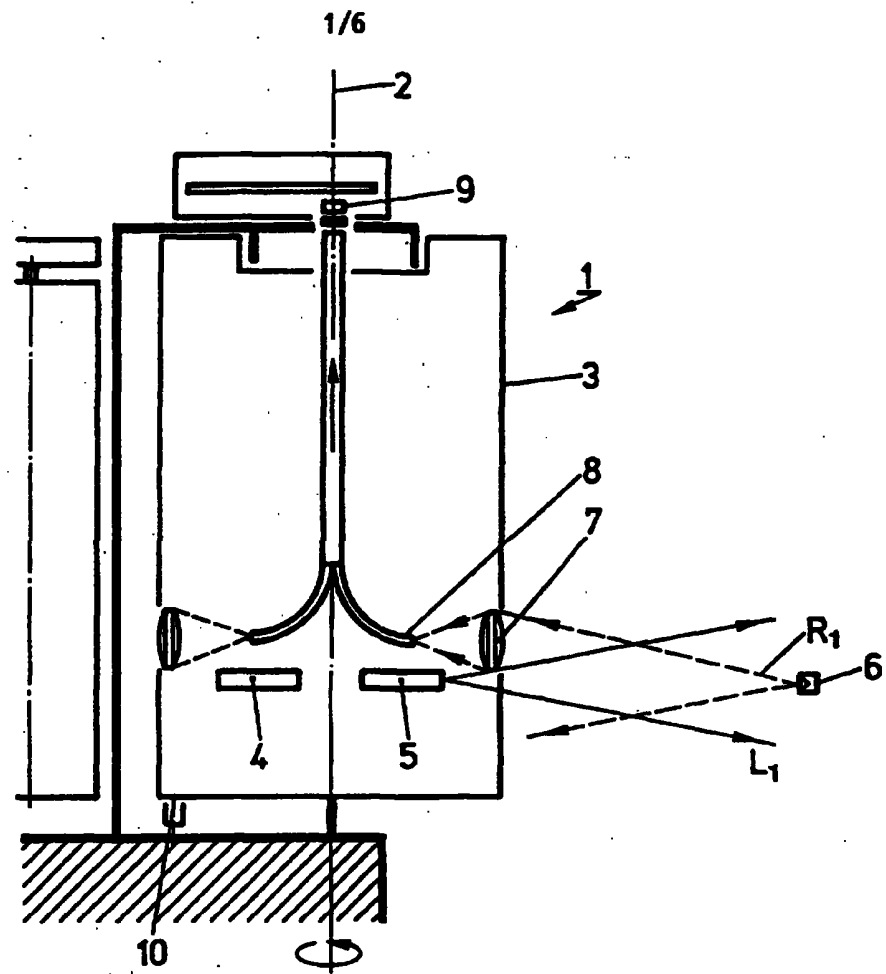


FIG.1

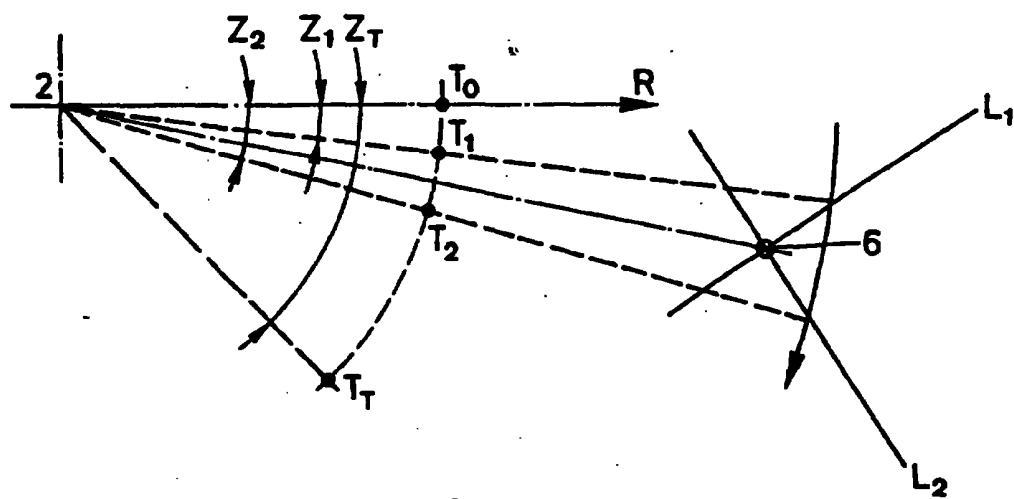


FIG.2

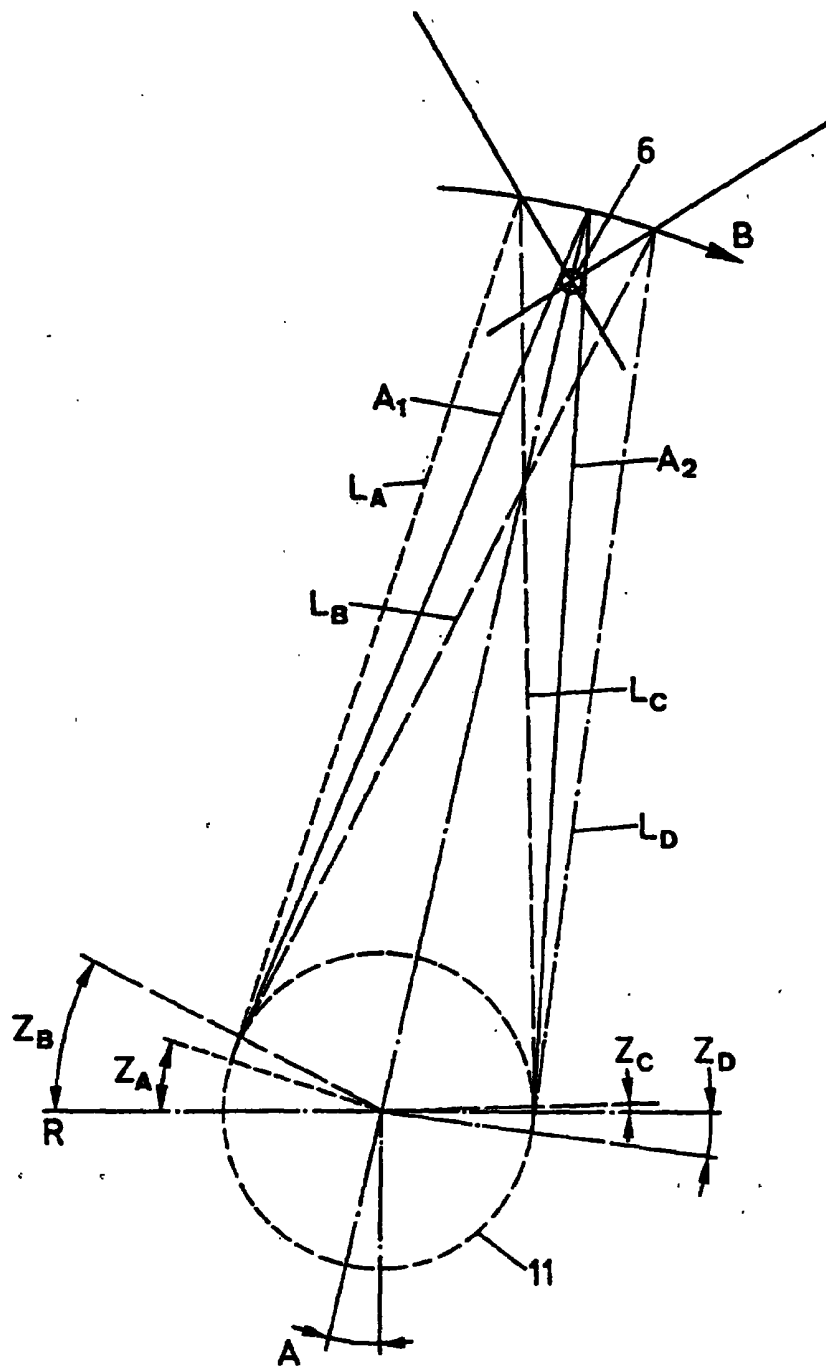


FIG.3

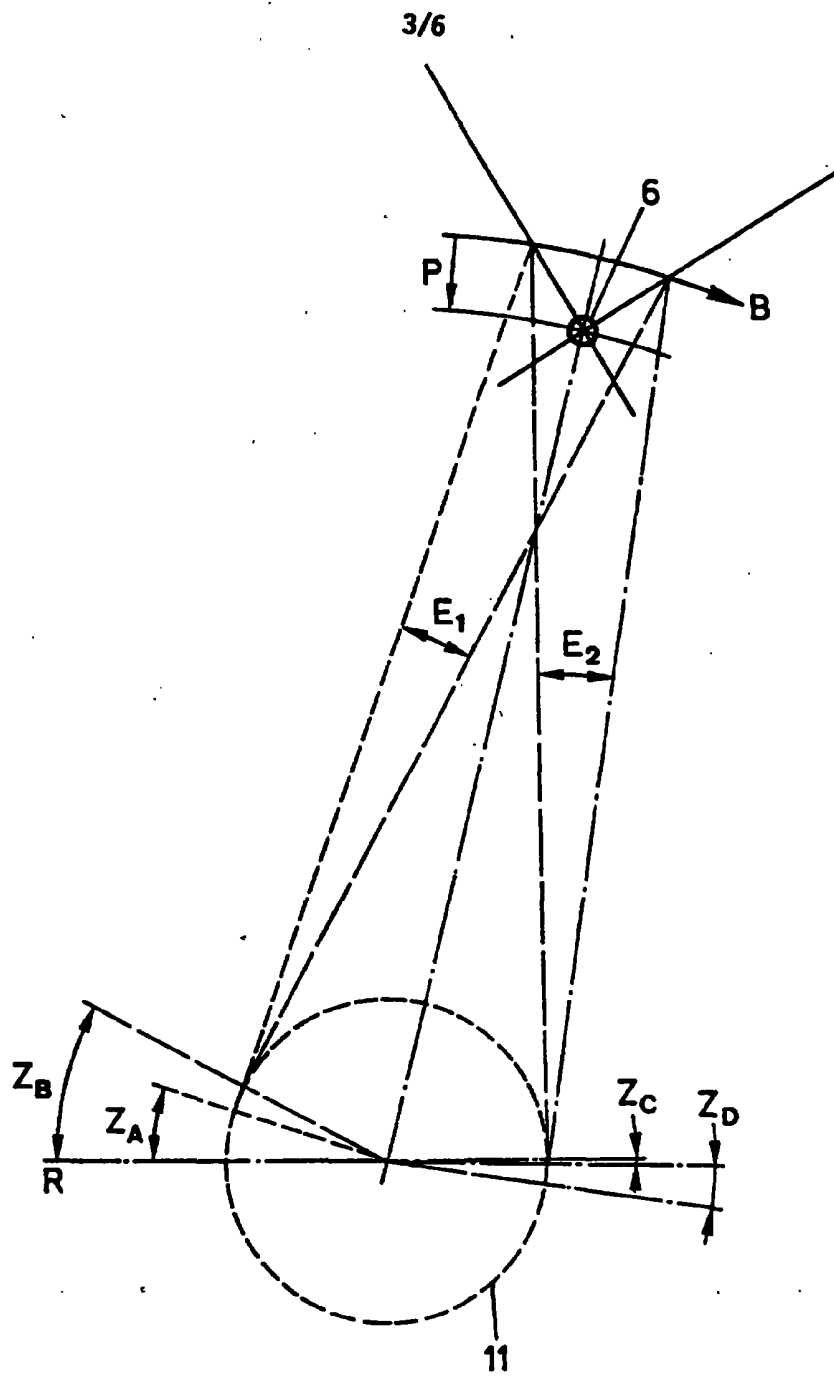


FIG.4

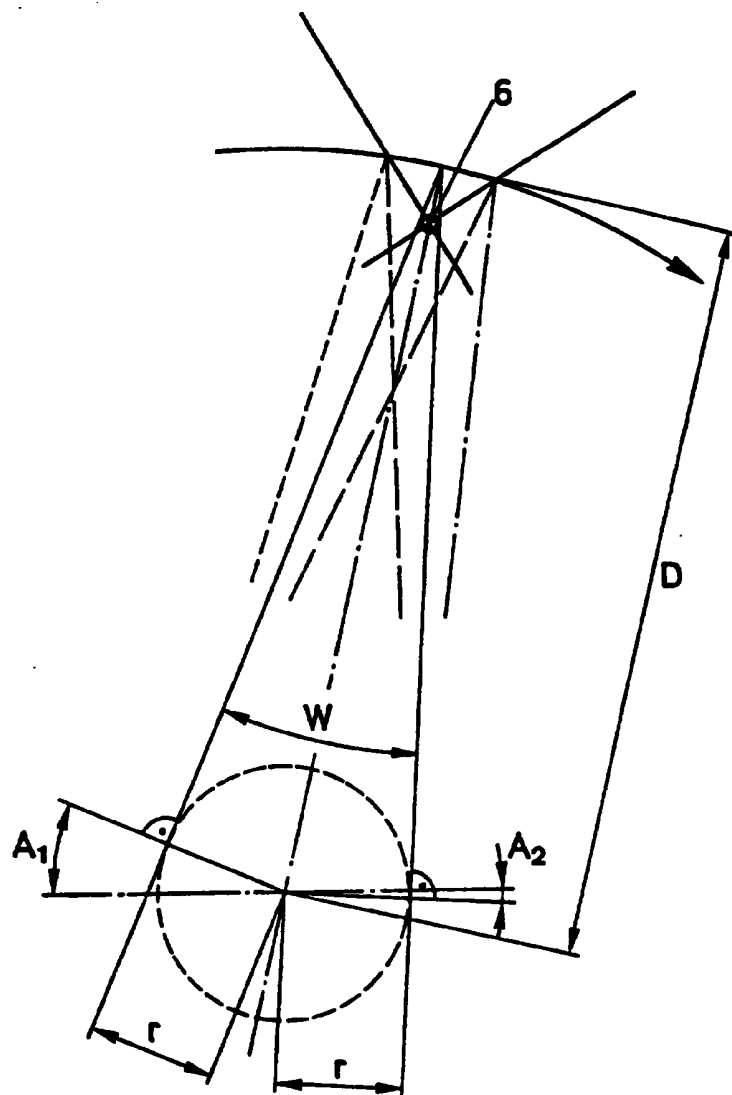


FIG.5

5/6

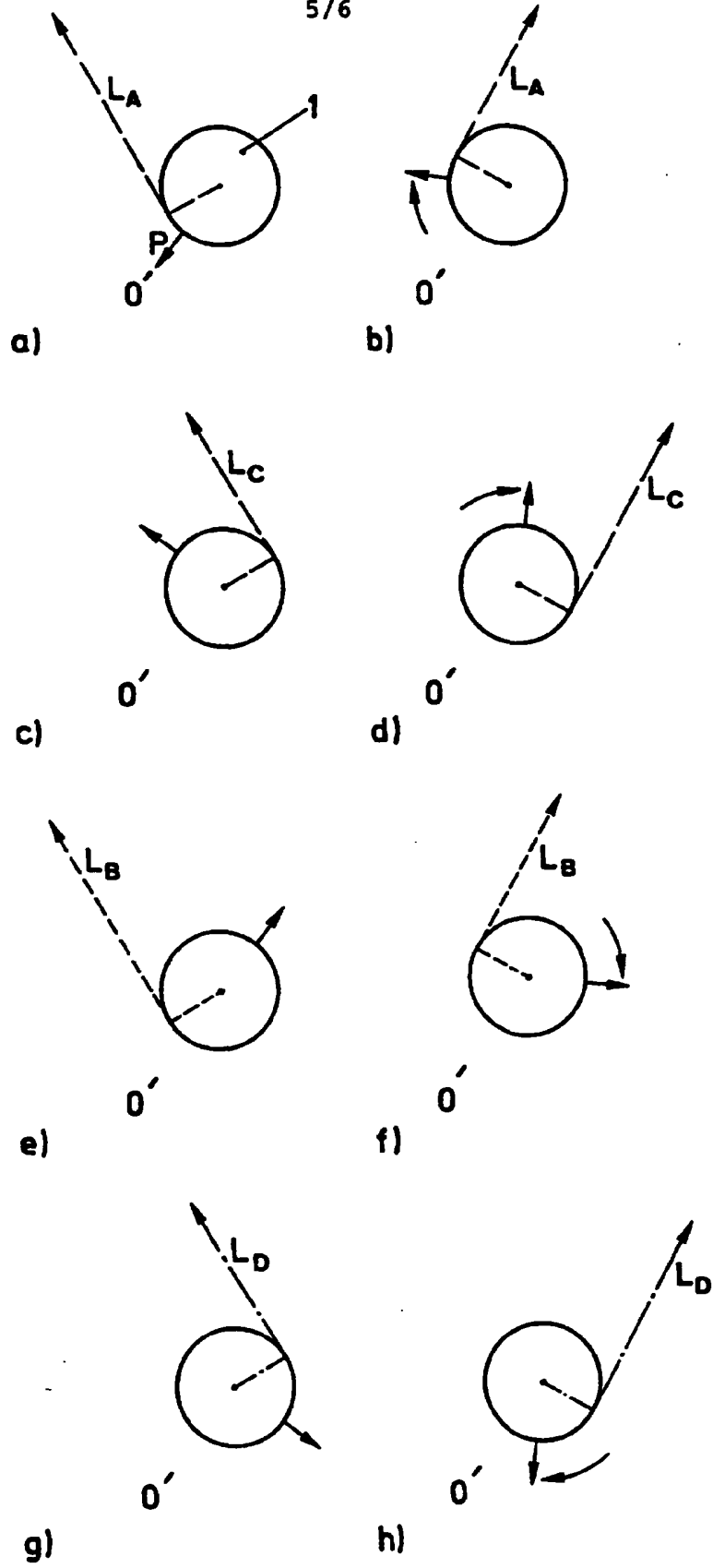


FIG.6

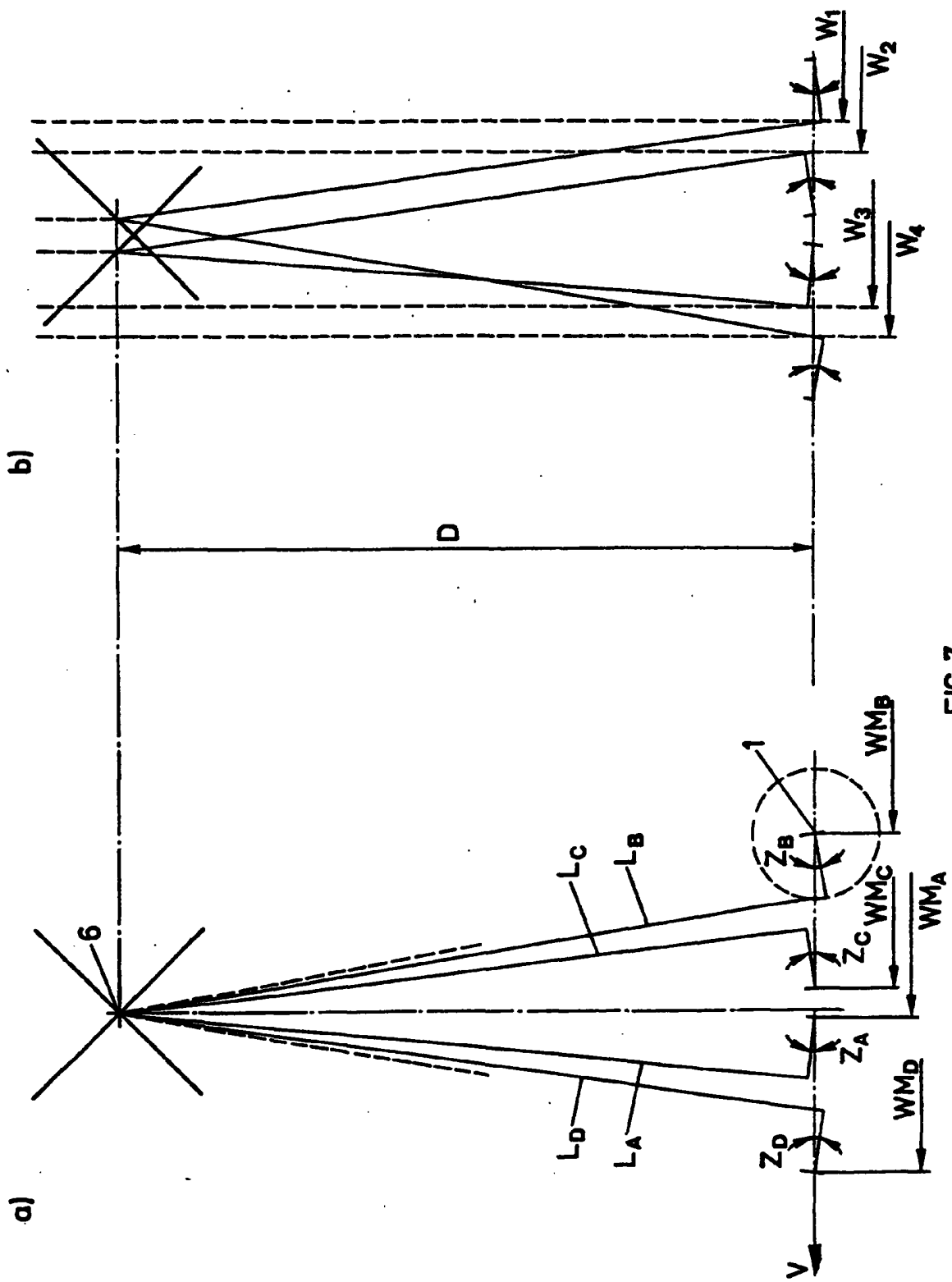


FIG. 7