

# Gyrokompasset

## F 1. Innledning

Magnetkompasset er under visse forhold lite brukbart. Jo større stål- og jernskipene blir, dess vanskeligere er det å finne en god oppstillingsplass for magnetkompasset om bord. Især har det vært vanskelig om bord på krigsskip, hvor de svære, bevegelige kanontårnene skifter stilling i forhold til magnetkompasset når de brukes. Magnetkompasset blir vanskelig å kompensere. I pansrede kommandotårn og styrehus er de magnetiske forhold svært dårlige, fordi jordas horisontale feltstyrke blir sterkt redusert.

Aller uheldigst er de magnetiske forholdene om bord på undervannsbåter i neddykket tilstand. Da blir magnetkompasset omgitt av båtens stålskrog på alle kanter, slik at feltlinjene ikke når inn i skrogets indre.

Det ble derfor et stadig sterkere krav om at man måtte få et kompass som kunne virke tilfredsstillende, uavhengig av jordas magnetiske felt. Grunnlaget for et slikt kompass ble lagt allerede i 1852, da den franske fysikeren J. B. L. Foucault konstruerte et rotasjonsapparat som han kalte *gyroskop*. Han ville bruke det til å vise jordas omdreining. I 1910 greide tyskeren dr. Anschütz å omgjøre gyroskopet til et *gyrokompas*.

Senere er det konstruert flere typer gyrokompasser. De mest brukte i dag er *Sperry*, *Arma-Brown*, *Anschütz* og *Plath*. Magnetkompasset er ikke blitt overflødig. Det må fremdeles være om bord og må behandles med samme omhu som før. Det må korrigeres og kontrolleres.

I de følgende avsnitt skal vi gi en kort innføring i prinsipp og virkemåte for de fire typer av gyrokompasser som er nevnt ovenfor.

## F 2. Det frie gyroskop

Et fritt gyroskop er et hurtig roterende hjul, som kan bevege sin akse fritt i alle retninger. Se fig. F 2-1. Det må være nøyaktig avbalansert, slik at det har tyngdepunktet i sitt geometriske midtpunkt. Hjulet kan rotere om x-aksen. Gyroaksen kan bevege seg om den horisontale y-aksen og den vertikale z-aksen.

Settes et gyroskop i hurtig rotasjon, vil det holde sin akseretning uforandret i verdensrommet.

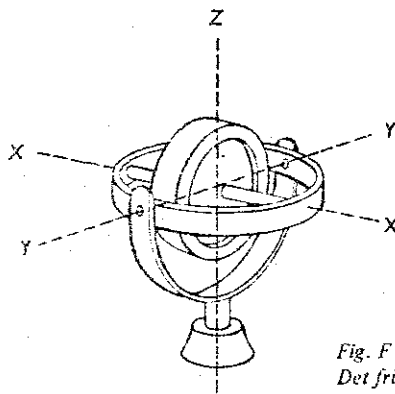


Fig. F 2-1.  
Det frie gyroskopet.

Innstillingsevnen er avhengig av gyrohjulets treghetsmoment og rotasjonshastighet. Som eksempel kan vi nevne at rotoren på et Sperry gyrokompas veier ca. 25 kg og har en rotasjonshastighet på ca. 6000 omdreininger i minuttet. Rotorene

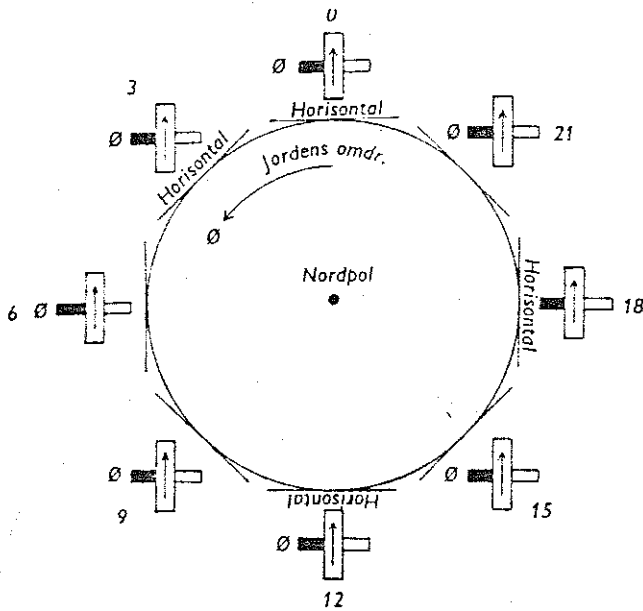


Fig. F 2-2. Gyroskopet plassert på ekvator med aksen øst-vest.

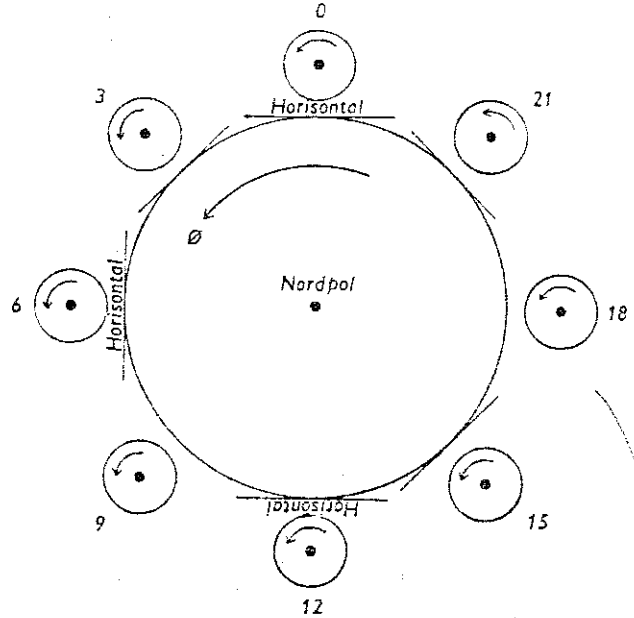


Fig. F 2-3. Gyroskopet plassert på ekvator med aksen nord-sør.

på et Anschütz gyrokompass er mye lettere, men til gjengjeld er rotasjonshastigheten øket til 20 000 omdreininger i minuttet. Det er viktig at lagerfriksjonen reduseres til et minimum. For stor friksjon vil få gyroaksen til å forandre retning.

La oss se hvilken virkning jordas rotasjon har på et gyroskop.

1. Vi plasserer først gyroskopet på ekvator med aksen i øst-vest. Aksens østende er svart, se fig. F 2-2. Vi starter i stilling 0 på figuren. Aksen ligger da horisontalt. Etter en stund vil man oppdage at østenden begynner å løfte seg. Etter en time vil østenden peke  $15^\circ$  over horisonten, fordi jorda roterer  $15^\circ$  i timen.

Figuren viser gyroaksens stilling i forhold til horisontalplanet. For en iakttaker ser det altså ut som om gyroaksen har gjort en hel omdreining i løpet av 24 timer. Han bedømmer jo aksens stilling i forhold til sin horisont.

Det virkelige forhold er derimot at gyroaksen har beholdt sin stilling i verdensrommet, mens jorda har dreid seg  $360^\circ$ . Vi kan si at horisontalplanet bikker under mot øst.

2. Fig. F 2-3 viser gyroskopet stilt opp på ekvator, men denne gang med aksens i nord-sør. Den svarte aksens peker nå rett nordover, og er parallell med jordaksen.

En iakttaker vil ikke merke noen forandring på gyroaksens stilling i forhold til horisonten. På ekvator kunne vi faktisk bruke gyroskopet som kompass, fordi gyroaksen vil holde seg parallell med meridianen på tross av jordas rotasjon.

3. Stiller vi gyroskopet opp på en av polene med aksens horisontalt, vil en iakttaker på jorda synes at gyroaksen roterer horisontalt. Den vil dreie fra øst mot vest en hel omdreining i løpet av 24 timer. Det virkelige forhold er jo at gyroaksen ligger stille i forhold til stjernene, men at jorda roterer under gyroskopet fra vest mot øst.

4. Hvis gyroskopet stilles opp på en eller annen bredde utenfor ekvator, kan vi følge gyroaksens bevegelse i forhold til horisontalplanet, se fig. F 2-4. Vi starter i stilling 0, hvor aksens ligger horisontalt og langs meridianen. Jordas rotasjon vil fa det til å se ut som om gyroaksen dreier seg mot øst samtidig som den løfter seg. I stilling 6 vil den tilsynelatende østgående bevegelse stoppe, mens hevingen fort-

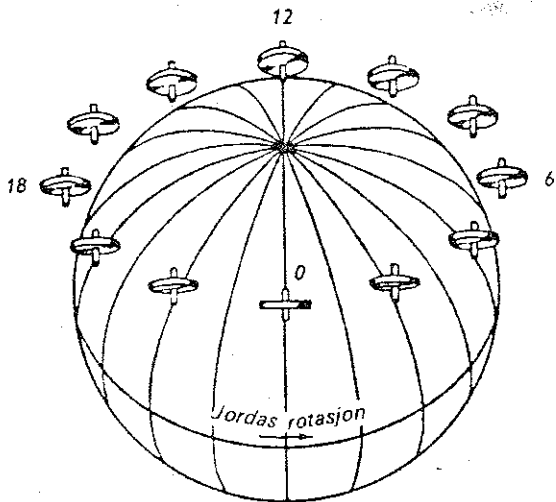


Fig. F 2-4. Gyroskopet plassert på en bredde mellom ekvator og polen.

setter. I stilling 12 stopper hevingen. Gyroaksen er nå på sitt høyeste i forhold til horisontalplanet. Fra nå av senker gyroaksen seg igjen, og 24 timer seinere er den igjen horisontal og parallell med meridianen.

Vi kan ikke bruke gyroskopet som kompass. men det har vist oss at horisontalplanet bikker ned mot øst, samtidig som det dreier seg i asimut. Vi kan si at meridianen dreier seg mot vest på nord bredde når en ser mot nord.

Vi har nå stilt det frie gyroskopet opp på fire forskjellige steder på jorda, og det har vist seg at det er lite brukbart som kompass, spesielt om bord i en båt som

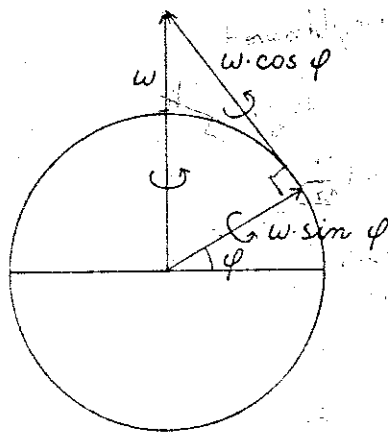


Fig. F 2-5. Jordas rotasjonsbevegelse kan løses opp i to komponenter.

beveger seg over jordflaten. Et brukbart kompass må kunne holde seg vannrett til enhver tid, og det må kunne oppsøke meridianen selv. Det frie gyroskopet kan ikke det.

Vi kan imidlertid få det frie gyroskopets akse til å stille seg inn i meridianen og å holde seg vannrett til enhver tid. Da kaller vi det et gyrokompass. Gyroskopet har en spesiell egenskap som kalles presesjon, og den utnytter vi til å forandre aksens retning.

På fig. F 2-5 er  $\omega$  jordas rotasjonshastighet. Den kan oppløses i to komponenter:  $\omega \cdot \sin \varphi$  om stedets loddlinje og  $\omega \cdot \cos \varphi$  om stedets nord-sør-linje.

$\omega \cdot \sin \varphi$  er altså den hastighet med hvilken horisontalplanet dreier seg om loddlinjen, dvs. den hastighet med hvilken meridianen på stedet (nord-sør-linjen) dreier seg i rommet.

$\omega \cdot \cos \varphi$  er den hastighet med hvilken horisontalplanet på stedet bikker unna østover.

### F 3. Gyroskopets presesjonsbevegelse

Vi skal nå se hvorledes gyroskopet oppfører seg hvis vi forsøker å forandre rotasjonsaksens retning.

I figurene viser vi for enkelthets skyld bare svinghjulet og aksen.

Anvender vi en kraft  $F$ , fig. F 3-1, på den høyre enden av aksen, vil aksen, når hjulet er i ro, naturligvis gå nedover og den andre enden opp. Er hjulet derimot i hurtig rotasjon i den retning som pilen viser, vil vi merke stor motstand mot å helle aksen, samtidig som den høyre enden viker unna i retningen mot oss, slik som den hele pilen angir. Den viker unna i en retning som er 90° forskjellig fra trykkretningen. Denne bevegelse kalles

PRECESSION

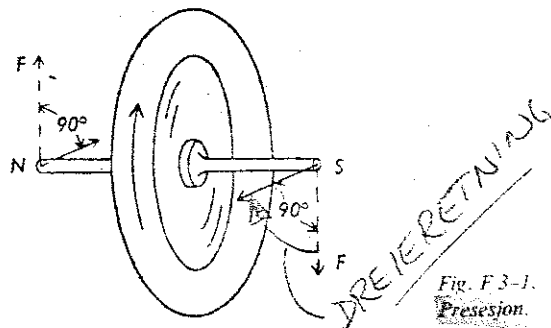


Fig. F 3-1. Presesjon.

presesjonen. Dens retning er avhengig av hjulets rotasjonsretning og trykkets retning. Presesjonsretningen finner vi etter regelen: Setter vi kraften av som en pil, kan vi finne presesjonsretningen ved å tenke oss kraftens retning dreid 90° i rotasjonsbevegelsens retning. Så lenge trykket virker, vil bevegelsen fortsette. Opphører trykket, vil bevegelsen stanse, og hjulet vil bli stående i den nye stillingen. Det er ingen kraft som fører det tilbake.

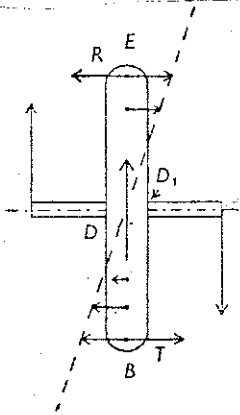


Fig. F 3-2. Kraftene R og T gir aksens stivhet.

Denne eiendommelige virkning kan forklares slik: La hjulet B E, fig. F 3-2, f.eks. være et sykkelhjul. For å gi det større treghetsmoment kan vi tenke oss ringen fylt med blyhagl som skal forestille svinghjulets massedeler.

Når hjulene er i gang, vil haglene rotere i konsentriske sirkler, og på grunn av sin treghet vil de med stor kraft motsette seg enhver forandring av sitt rotasjonsplan. Utover vi et trykk, f.eks. nedover i høyre ende, vil hjulaksen og dermed hjulet bevegges om den horisontale akse og få en liten helling, og haglene i øvre halvpart av hjulet vil tvinges til høyre, i nedre halvpart til venstre. Haglene vil foruten sin rotasjonsbevegelse altså få en bevegelse i de nevnte retninger, sterkest i punktene B og E. Se pilene på fig. F 3-2.

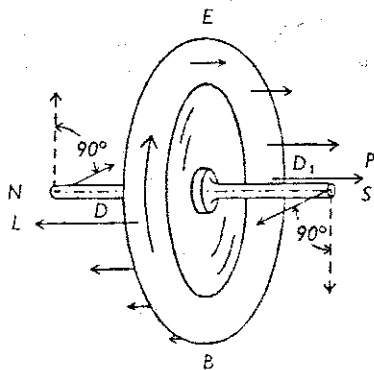


Fig. F 3-3. Kraftene P og L vil få hjulet til å svinge.

Da haglene som nevnt med stor kraft vil forsøke å holde sitt opprinnelige rotasjonsplan, vil følgen være at de massedeler av hjulet, haglene, som er på vei oppover fra D til E, vil legge seg mot *venstre* side av ringen, og de som er på vei nedover på den andre siden, vil legge seg mot *høyre* side. Derved oppstår kreftene R og T, som gir aksens dens stivhet.

Et hagl som kommer fra D, vil i punkt E ha fått sin største bevegelse til høyre. Ved en videre rotasjon til D<sub>1</sub> vil bevegelsen fortsette på grunn av haglets treghet, med den følge at haglene nå vil legge seg mot ringens *høyre side* og med sterkest trykk i punkt D<sub>1</sub>, pila P, fig. F 3-3. Et hagi som beveger seg fra B og oppover, vil av samme grunn legge seg mot ringens *venstre side*, sterkest i punkt D. Kraftene P og L vil få hjulet til å svinge om en loddrett akse, slik at enden S kommer mot oss.

Hellingen vil være ganske ubetydelig, men den må være der, ellers vil ikke hjulets massedeler forandre rotasjonsplan, og det er jo betingelsen for at stivhet og presesjonsbevegelse skal vise seg. En følge av det forklarte er at presesjonsbevegelsens retning er avhengig av trykkets retning og rotasjonsretningen. Men regelen ovenfor vil alltid gi et riktig resultat.

Gyromotstanden er de krefter eller motstander som opptrer når aksens på et roterende svinghjul tvinges ut av sin stilling. Den ytrer seg i snurrebasser, motorer, turbiner m.v.

Når det skal monteres hurtiggående hjelpemaskiner om bord, bør de stilles opp med aksens langs skips. Under skipets slingring, som i alminnelighet er større enn settingen, vil aksens beveges parallelt med seg selv. Var derimot aksens satt tverrskips, ville dens retning under slingring stadig forandre seg. Resultatet ville være et trykk mot lagrenes *sider* og ujevn slitasje.

Jorda er et stort gyroskop. Dens store masse og rotasjonen gjør at jordaksen under jordas årlige bevegelse i sin bane flytter seg parallelt med seg selv.

#### F 4. Det svingende gyroskop

Vi har sett at det frie gyroskopet kan anvendes som retningsviser bare på ekvator. Skal vi kunne bruke gyroskopet som kompass, må det selv kunne oppsøke meridianen og holde seg der til tross for jordas rotasjon.

Vi får gyroskopet til å bli et gyrokompass ved å utnytte gyroskopets presesjonsbevegelse. Det må derfor sørges for et arrangement som til enhver tid tilfører gyroskopet en ytre kraft, slik at den nødvendige presesjonsbevegelse finner sted. De gyrokompasser som er i handelen i dag, har løst dette problemet på litt forskjellige måter. Vi skal i tur og orden se på noen av dem, men i innledningskapitlene har vi valgt å bruke Sperrys gyrokompass som modell.

SKAL ET GYROSKOPET  
STILLER SEG I NN.

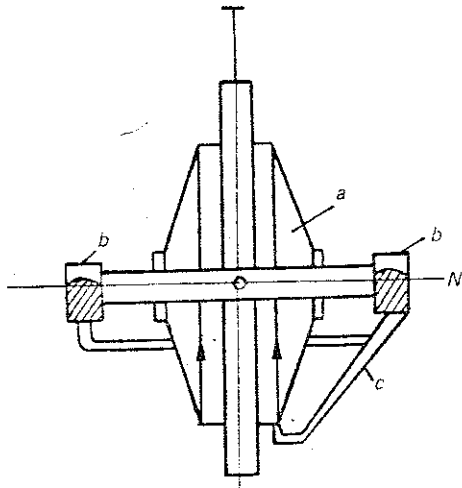


Fig. F 4-1. Gyroskop med kvikksølvbeholdere.

På fig. F 4-1 ligger selve gyroskopet inne i rotorkassen *a*. Den er igjen lagret i en vertikal ring som er opphengt i en tråd. I de samme lagrene er det anbrakt en ramme med kvikksølvbeholdere *b*, slik at vi får beholderne plassert rett ut for gyroskopets akseender. Kvikksølvet kan renne fra beholderne ved den ene akseenden til beholderne ved den andre akseenden gjennom et forbindelsesrør. Dette arrangementet kalles kvikksølvkontrollen. Fra kvikksølvbeholderne går det en arm, *c*, ned til rotorkassen, slik at kvikksølvkontrollen tvinges til å følge gyroskopaksens bevegelser. Se også fig. F 9-4.

Stilles dette gyroskop opp på ekvator med den akseende som er merket *N* mot øst og med aksens horisontal, vil akseende *N* straks begynne å heve seg over horison-

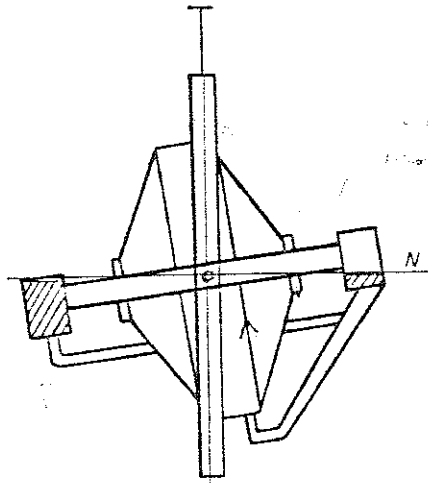


Fig. F 4-2. Kvikksølvet renner ned i den lave beholderen og presesserer aksens.

talplanet. Kvikksølv vil da renne over i den lave beholderen, se fig. F 4-2, som blir tyngre, og med den rotasjonsretning av hjulet som er vist på tegningen, vil enden *N* presessere mot nord. Hellingen tiltar inntil gyroskopaksen er kommet i meridianen. Da er maksimum av kvikksølv rent over, og aksens presesserer hurtigst, og videre med akseende *N* forbi meridianen mot vest. Nå vil horisontalplanet bikke opp fra vest mot akseende *N*, og hellingen avtar. Kvikksølv begynner å renne tilbake til den nordre beholder, og presesjonen blir langsommere. Når akseende *N* peker vest, er aksens parallell med horisontalplanet, og det er like meget kvikksølv i begge beholdere. Presesjonen opphører. Under jordas videre dreining kommer akseende *N* under hori-

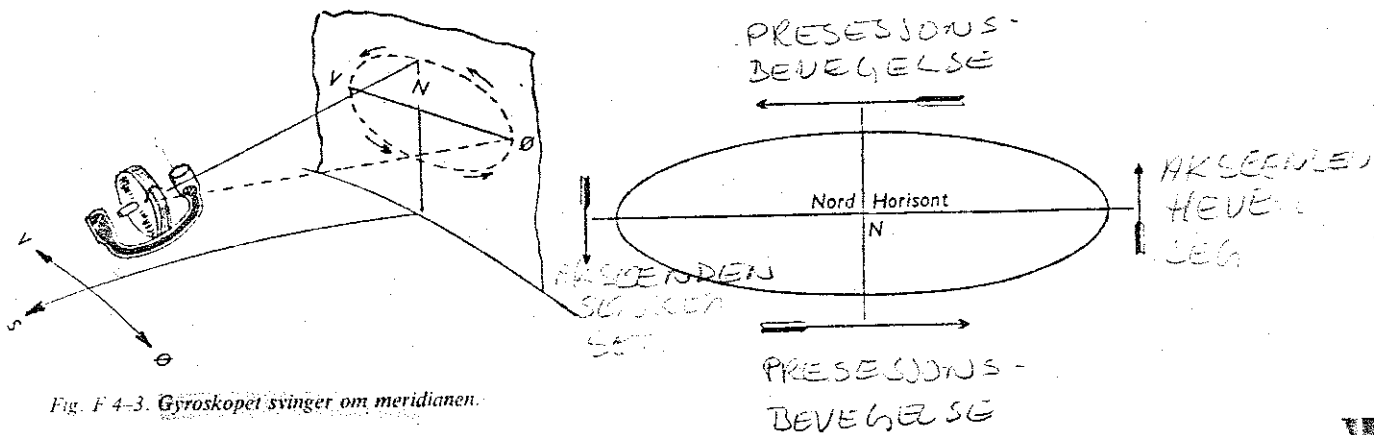


Fig. F 4-3. Gyroskopet svinger om meridianen.

sontalplanet. Kvikksølv renner over i nordre beholder, og akseende N presesserer tilbake mot nord. Denne akseende kommer stadig lenger under horisontalplanet og presesserer hurtigere, inntil den igjen når meridianen, nå med maksimum helling under horisonten. Når akseende N nå presesserer videre, mot øst, faller horisontalplanet unna, presesjonen blir langsommere, og aksens er igjen horisontal når den peker øst-vest. Resultatet er at gyroskopoet svinger om meridianen, like meget på begge sider, avhengig av utgangsstillingen. Akseendene beskriver en ellipse som vist på fig. F 4-3. Akseende N er over horisonten på sin vei mot vest, under denne på vei mot øst.

En hel svingning tar omtrent 85 minutter, og tiden er den samme enten ellipsen er stor eller liten.

Vi ser at det som har gjort gyroskopoet til et retningssøkende instrument, er tyngdekraften, som er innført ved hjelp av kvikksølvet samt jordas rotasjon.

Men ennå er ikke gyroskopoet brukelig som kompass.

#### F 5. Dempning av gyroskopsvingningene

Vi har nå fått gyroaksen til å svinge om meridianen. Neste oppgave blir å få dempet svingningene slik at aksens til slutt faller til ro i nord-sør retningen.

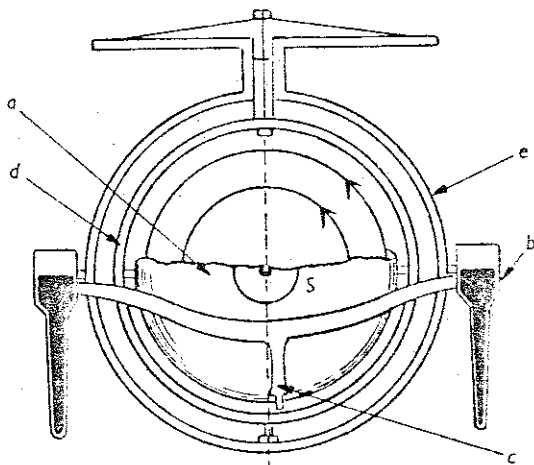


Fig. F 5-1. Plasseres armen c litt til siden for loddlinjen, dempes gyroskopets svingninger.

Fig. F 5-1 viser hvordan dette er gjort på et Sperry gyrokompass. Rotorkassen a er delvis skåret bort, slik at vi ser gyrohjulet. Pilene viser hjulets omdreiningretning sett fra sørenden. Vi kjenner også igjen den indre vertikalingen d med opphengningstråden som er festet til kompassrosen, og den ytre vertikalingen e.

Dempningen fås i stand ved at forbindelsesarmen c ikke festes loddrett under rotorkassens sentrum, men litt til østsiden. Følgen er at når gyroaksens nordende hever seg over horisonten, oppstår det også en kraft på siden av rotorkassen. Denne kraften gir et dreiemoment om den vertikale aksens.

Dette virker slik at gyroaksens nordende vil presesserer nedover, samtidig som den presesserer mot vest. Gyroaksens kommer til meridianen med en mindre helling enn den ville ha hatt om forbindelsesarmen hadde vært festet loddrett under rotorkassens sentrum.

Dempningen vil gjøre at gyroaksens helling med horisonten vil bli mindre for hver svingning, slik at svingeellipsen vil gå over til å bli en spiral. Se fig. F 5-2. Svingningene vil til slutt bli helt umerkelige.

Den øverste grafiske figuren viser gyroaksens bevegelser i forhold til meridianen og horisonten. Når aksens har beveget seg fra a til c, sier vi at den har utført en hel svingning. For et dempet gyrokompass tar det om lag 87 minutter, det vil si at svingetiden er noe lenger enn for et udempet gyrokompass.

Den nederste grafiske fremstillingen viser de samme svingninger, men nå satt ut i forhold til svingetiden. Denne kurven viser hvordan skipets kurslinje over havet ville se ut hvis vi styrte etter gyrokompasset før det hadde stilt seg inn. Gyrokompasset må startes opp fire-fem timer før det skal brukes, slik at det får god tid til å stille seg inn.

Med gyrokompassets dempningsfaktor mener vi forholdet mellom den totale forandring i amplitude på to halve svingninger som følger etter hverandre.



30 29 9 7  
172





Eksempel. Et skip ligger lortovd ved kaien idet gyrokompasset startes. Vi gir oss tid til å lese av gyrokursen i tre ytterstillinger, og får dette resultatet:

Kl. 0000 avlest gyrokurs	080	(b)
" 0045 " "	050	(c)
" 0120 " "	062	(d)

Beregn gyrokursen når kompasset har stilt seg inn. Beregn også dempningsfaktoren og den prosentvise dempningen.

Løsning. Klokkå 0000 må gyroaksen ligge lengst vestafor meridianen, fordi vi her har den største avleste gyrokursen. Det vil da svare til punktet *b* på fig. F 5-2. De to neste ytterstillingene vil da svare til punktene *c* og *d* på svingekurven. Ut fra dette finner vi at:

$$p = 30$$

$$q = 12$$

Vi setter inn i ligningen

$$x = \frac{p \cdot q}{p + q}$$

$$x = \frac{30 \cdot 12}{30 + 12}$$

$$x = 8,5$$

som er det antall grader gyroaksen ligger østafør meridianen i punktet *c*, det vil si den mellomste observasjonen. Vi får da:

$$\text{Gyrokursen} = 050 + 8,5 = 058,5$$

$$\text{Dempningsfaktoren} = \frac{30}{30} = 0,4$$

$$\text{Prosentvis dempning} = (1 - 0,4) 100 = 60\%$$

**Breddefeilen eller dempningsfeilen.** På ekvator vil gyroaksen falle til ro i meridianen. Utenfor ekvator vil det bli litt annerledes. På grunn av jordas rotasjon vil meridianen på nord bredde hele tiden dreie seg mot vest. For at gyroaksen skal holde seg i meridianen, må den følge meridianens dreining. Den må derfor henge litt etter meridianen, slik at gyroaksen på nord bredde viser litt østover og litt over horisonten. Dette får tilstrekkelig kvikksølv til å renne over i de sørlige beholderne og sørge for at gyroskopet preseseres mot vest med samme hastighet som meridianen. Hvilestillingen for gyroaksen vil derfor bli litt øst for meridianen på nord bredde, og litt vest for meridianen på sør bredde. Ved Sperrys store gyrokompass kan denne breddefeilen korrigeres ved en breddekorrektor, se

fig. F 9-6 merket *B*. Den virker slik at styrestreken forskyves det antall grader som svarer til breddefeilen på påværende bredde. De andre gyrokompassene bruker en dempningsmetode som ikke gir breddefeil.

## F 6. Farts- og breddefeilen

Når et fartøy styrer nordlige kurser, vil nordenden på gyrokompassets akse løfte seg på grunn av jordas krumning. Akseenden vil derfor presesere mot vest inn til den når en stilling hvor løftebevegelsen på grunn av skipets fart er lik aksens nedgående bevegelse på grunn av jordas rotasjon.

Gyrokompassets nordlige akseende vil derfor på nordlige kurser ligge litt vestafor meridianen, og på sørlige kurser litt østafør meridianen. Denne feilen kalles for farts- og breddefeilen.

Navigatorene kjenner dette fenomenet fra meridianhøyden for himmellegemer. Seiler vi mot himmellegemet, vil det få sin største høyde etter at det har vært i meridianen. Se for øvrig avsnittet om meridianhøyder i bind I.

Sett i forhold til verdensrommet vil et fartøys bevegelse bortover sjøen være resultatant av jordbevegelsen og skipets egen bevegelse.

Når skipet seiler rettvise øst eller vest, vil dets hastighet være lik summen av eller forskjellen mellom dets egen fart og jordrotasjonens hastighet på stedet. I begge disse tilfelle er virkningen på gyrokompasset uten noen praktisk betydning. Gyroen vil få en ganske ubetydelig øket eller minsket innstillingsevne.

Annerledes blir forholdet på nordlige og sørlige kurser. Et punkt på ekvator vil

$$\text{bevege seg østover med en fart} = \frac{21\ 600}{24}$$

= 900 knop. Utenfor ekvator vil hastigheten være =  $900 \cdot \cos$  bredden. Se fig. F 6-1. Hastighetskomponenten i nordlig eller sørlig retning er lik farten  $\cdot \cos$  kursen. Som det fremgår av den skraverte



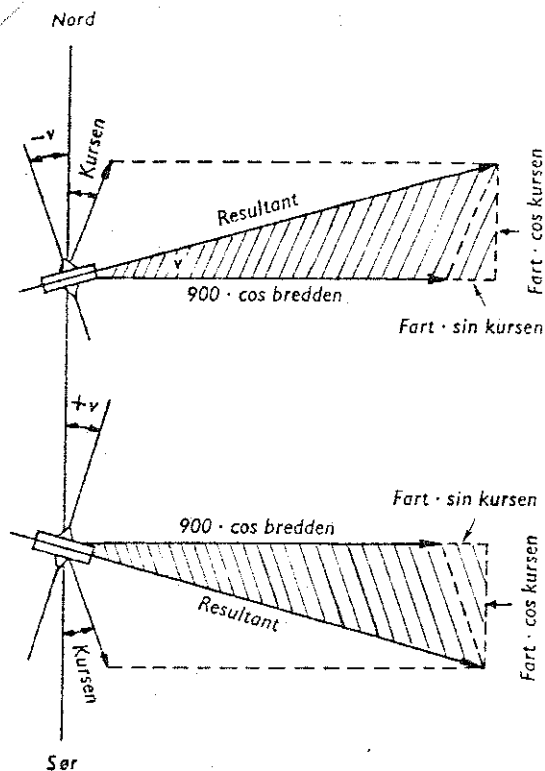


Fig. F 6-1. Farts- og breddefeilen er vestlig eller - for nordlige kursen og østlig eller + for sørlige kursen.

trekanten, kan vi da skrive følgende formel for å beregne farts- og breddefeilen:

$$\text{tg } v = \frac{\text{farten} \cdot \cos \text{kursen}}{900 \cdot \cos \text{bredden} + \text{farten} \cdot \sin \text{kursen}}$$

Størrelsen  $\text{farten} \cdot \sin \text{kursen}$  vil i alle praktiske tilfelle ha så liten tallverdi at vi kan sette den lik null uten at vi gjør noen feil av betydning. Denne forenkling vil først få betydning når vi kommer på meget høye bredder.

Vi gjør en forenkling til for å få en lett-vint formel. Så lenge farts- og breddefeilen er liten, noen få grader, kan vi skrive om formelen ovenfor, slik at vi finner feilen direkte i grader. Vi minner da om at tangens til små vinkler har praktisk talt samme tallverdi som selve vinkelen målt i radianer. Videre nevner vi at en radian tilsvarer 57,3°.

Vi får da:

$$v^\circ = \frac{\text{farten} \cdot \cos \text{kursen} \cdot 57,3^\circ}{900 \cdot \cos \text{bredden}}$$

$$\text{eller } v^\circ = \frac{\text{farten} \cdot \cos \text{kursen}}{15,7 \cdot \cos \text{bredden}}$$

Formelen viser oss at farts- og breddefeilen vokser med skipets fart og med bredden. Feilen avtar etter som kursen fjerner seg fra nord-sør-retningen, og den blir null for kursene øst og vest.

Farts- og breddefeilen er en av grunnene til at gyroskoper konstruert for maritimt bruk vanskelig kan benyttes i flynavigasjonen. Det vil vi forstå hvis vi setter flyhastigheter inn i formelen. Når vi kjenner skipets fart, kurs og påværende bredde, kan vi beregne farts- og breddefeilen ved hjelp av ovenstående formel. Dette er imidlertid litt tungvint for navigatøren. Det er derfor utarbeidet tabeller for farts- og breddefeilen som fabrikanterne leverer med instruksjonsboka. Dette gjelder f.eks. for Anschütz's og Plaths gyrokompasser. Se figur F 11-7 som viser tabellen til Anschütz's gyrokompas.

Det gamle Sperry E Mark XIV som er beskrevet i avsnitt F 9, har en spesiell mekanisk korrigeringsmekanisme hvor navigatøren hver dag stiller for riktig bredde og fart. Se figurene F 9-5 og F 9-6.

På det nye Sperry Mark 37 gyrokompasset er det en egen kompensasjonshet hvor navigatøren stiller for riktig bredde og fart hver dag. Korrigeringen foregår da elektrisk og automatisk.

Gyrokompasset feilvisning er forklart i avsnitt F 13.

### F 7. Ballistisk utslag

La oss tenke oss at et skip setter i gang på kurs nord. På grunn av tregheten vil kompasset henge litt igjen, slik at opphengningstråden og indre vertikalring vil stille seg litt på skrå. Se fig. F 7-1. På grunn av tregheten vil også litt kvikksølv renne over i den sørlige beholder, og følgen av dette er at kompassets akse vil presessere litt i horisontalplanet. Dette utslaget kalles vi *ballistisk utslag*. Når farten er blitt

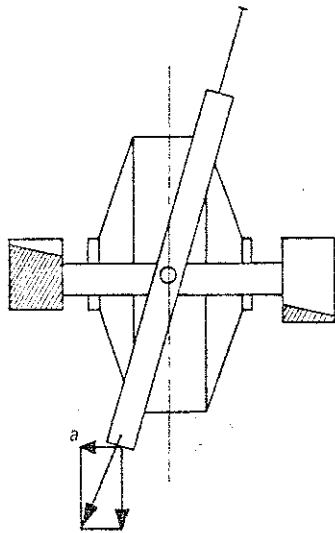


Fig. F 7-1. Kurs- eller fartsendring forstyrrer likevekten av kvikksølv, og gir ballistisk utslag.

jevn, det vil si at akselerasjonen er over, vil kvikksølv et igjen fordele seg normalt.

Vi husker at gyrokompasset har farts- og breddefeil. Det ballistiske utslaget vil alltid gå samme vei som farts- og breddefeilen, og det går an å konstruere gyrokompasset slik at det ballistiske utslaget på en bestemt bredde blir nøyaktig lik farts- og breddefeilen. Dermed vil det ballistiske utslaget praktisk talt ikke merkes på denne bredden. Den kalles standardbredden.

Dette vil vi forstå bedre av følgende eksempel. Se fig. F 7-2.

Vi antar at et skip ligger på rettvise kurs  $000^\circ$ , og at farts- og breddefeilen da

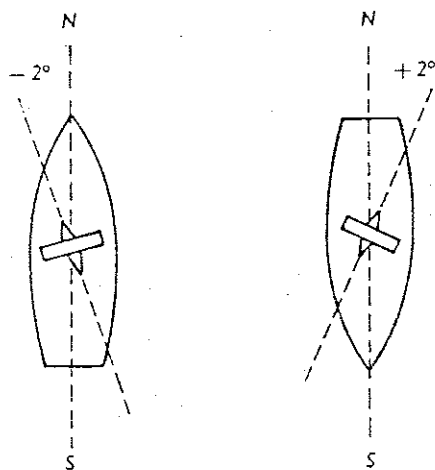


Fig. F 7-2. Ved kursendring fra nord til sør vil farts- og breddefeilen forandre seg slik at akseenden må preseseres et visst antall grader østover.

blir  $-2^\circ$ , det vil si at gyroaksens nordende ligger  $2^\circ$  vestafør meridianen.

La oss videre anta at vi forandrer kursen til rett sør. På denne kursen blir farts- og breddefeilen  $+2^\circ$ , det vil si at gyroaksen nå ligger  $2^\circ$  østafør meridianen.

Under kursendringen må altså gyroaksen preseseres  $4^\circ$  østover. Dette kan ganske enkelt ikke skje uten at en ytre kraft preseserer gyroaksen. Aksen vil ellers følge svingningskurven, slik vi har vist på fig. F 5-2. Det vil da ta om lag 43 minutter før aksens stilling er  $2^\circ$  østafør meridianen. I løpet av denne perioden ville vi kanskje få en ny kursendring, og gyrokompasset ville aldri falle til ro.

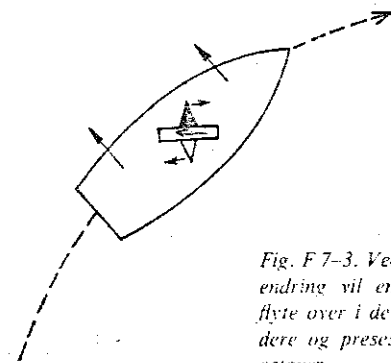


Fig. F 7-3. Ved styrbord kursendring vil en del kvikksølv flyte over i de nordlige beholdere og presesere akseenden østover.

Det er her vi bruker det ballistiske utslaget til å presesere aksens  $4^\circ$  østover, slik at gyrokompasset faller til ro i sin nye stilling. Fig. F 7-3 viser at når skipet svinger til f.eks. styrbord, vil kvikksølv renne ut mot de ytre beholdere på grunn av tregheten eller sentrifugalkraften. Nordenden på gyroaksen blir da tyngre, og aksens stilling preseseres mot øst.

Kvikksølvbeholderne konstrueres nøyaktig, slik at den rette mengde kvikksølv renner over. Presesjonen skal da være akkurat lik farts- og breddefeilen på standardbredden. Det er tverrsnittsarealene og avstanden mellom beholderens sentrum som er avgjørende for at dette skal bli riktig.

Utenfor standardbredden vil det ballistiske utslaget ikke være lik farts- og breddefeilen. En må derfor regne med en

liten feilvisning på gyrokompasset den første halvtimen etter kraftige kursendringer, fordi gyrokompasset behøver litt tid for å svinge tilbake til hvilestillingen igjen.

Ballistisk utslag opptrer ved alle kurs- og fartsendringer, unntatt for fartsending på kursene øst og vest. Vi kan si at den vil opptre når hastighetskomponenten langs meridianen forandrer seg.

### F 8. Slingrefeilen

Tar vi en ring, henger den opp i en snor og lar den pendle, vil vi se at ringen vil vri seg slik at dens plan vil innstille seg i svingep Janet. Dette kommer av at ringens massefordeling ikke er symmetrisk om linjen gjennom den tråden ringen henger i.

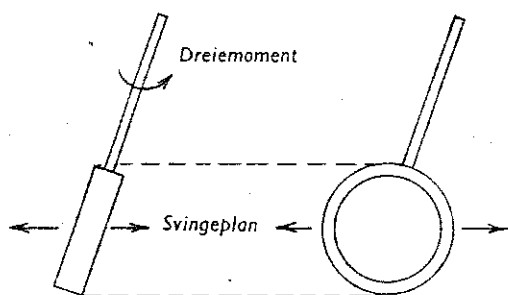


Fig. F 8 1. Ringen vrir seg til svingep Janet.

Henger vi derimot en kule i snora og lar den pendle, vil vi se at den ikke dreier seg. Det kommer av at massen i kula er symmetrisk fordelt. En slik massefordeling må vi også forsøke å få i gyrokompasset.

Under slingring og setting av fartøyet er den indre vertikale ring i gyrokompasset utsatt for den samme slags virkning som en ring i pendelbevegelse. Dette vil bety at det oppstår et vridningsmoment på gyroskopet som vil fremkalle presisjon. For å oppheve denne virkningen er det festet et par armer til den indre vertikale ringen, og på disse er det anbrakt et par vekter, slik at hele massen er symmetrisk om en vertikal linje. Vektene kalles kompensasjonsvekter. Vektenees stilling

er en gang for alle bestemt i fabrikk under kompassets montering. Se fig. F 9-1.

Hvis kvikksølvet fikk flyte helt fritt mellom kvikksølvkassene, ville det under sjøgang flyte fram og tilbake mellom kassene i takt med kompassets pendling. Dette i forbindelse med dempningsmåten ville frembringe dreiemomenter i en og samme retning på gyroskopet på alle kurser utenfor hovedkursene, og naturligvis bevirke presisjon. Denne virkning forebygges ved at forbindelsesrørene mellom kassene gjøres så trange at kvikksølvet delvis hindres i denne pendling. Dessuten tas en del av virkningen bort ved å regulere høyden av noen vekter på toppen av kvikksølvkassene. Dette gjøres ved fabrikk. Se fig. F 9-4.

### F 9. Sperrys gyrokompass Mark E XIV

Sperrys gyrokompass består av fire hoveddeler: *det folsomme element, bærerinnen, kvikksølvkontrollen og korsringen.* Vi skal ta for oss disse tingene i tur og orden.

1. *Det folsomme element*, fig. F 9-1, som utgjør den svingende del av systemet, består av følgende deler: gyrohjulet, gyrokassen, den indre vertikaling og opphengningen. Gyrohjulet er rotoren i en tre-fase induksjonsmotor og veier ca. 25 kg. Det lagres i kassen, i hvis ene halvpart statoren sitter. se fig. F 9-2. Hjulets rotasjonshastighet er 6000 omdreininger per minutt  $\pm 200$ . Hjulets akse er montert i kulelagre i kassen. De kalles henholdsvis nordre og søndre rotorlagre. Gyrokassen er på øst- og vestsiden forsynt med lagertapper som hviler i horisontale kulelagre i den indre vertikaling, østre og vestre kasselager. Denne lagring gir gyroen frihet til å svinge om den horisontale akse. Den indre vertikaling er i under- og overkant forsynt med kulelagre som passer i tilsvarende lagre i den ytre vertikaling. Dermed får gyroen frihet til å svinge om den vertikale akse. Disse to lagre bærer ikke noe av vekten av systemet, men bare

På fig. F 9-1 ser vi:

- A = opphengningen.
- B = anker til etterdreiningstransformator.
- C = indre vertikalring.
- D = kompensasjonsvekt.
- E = gyrokassen.
- F = libelle.
- G = vindu for oljestand til rotorlagrene.
- H = fyllerplugg for olje.
- I = horisontalt kasselager.
- K = arm for kompensasjonsvekt.
- L = endeplater rotorlager.

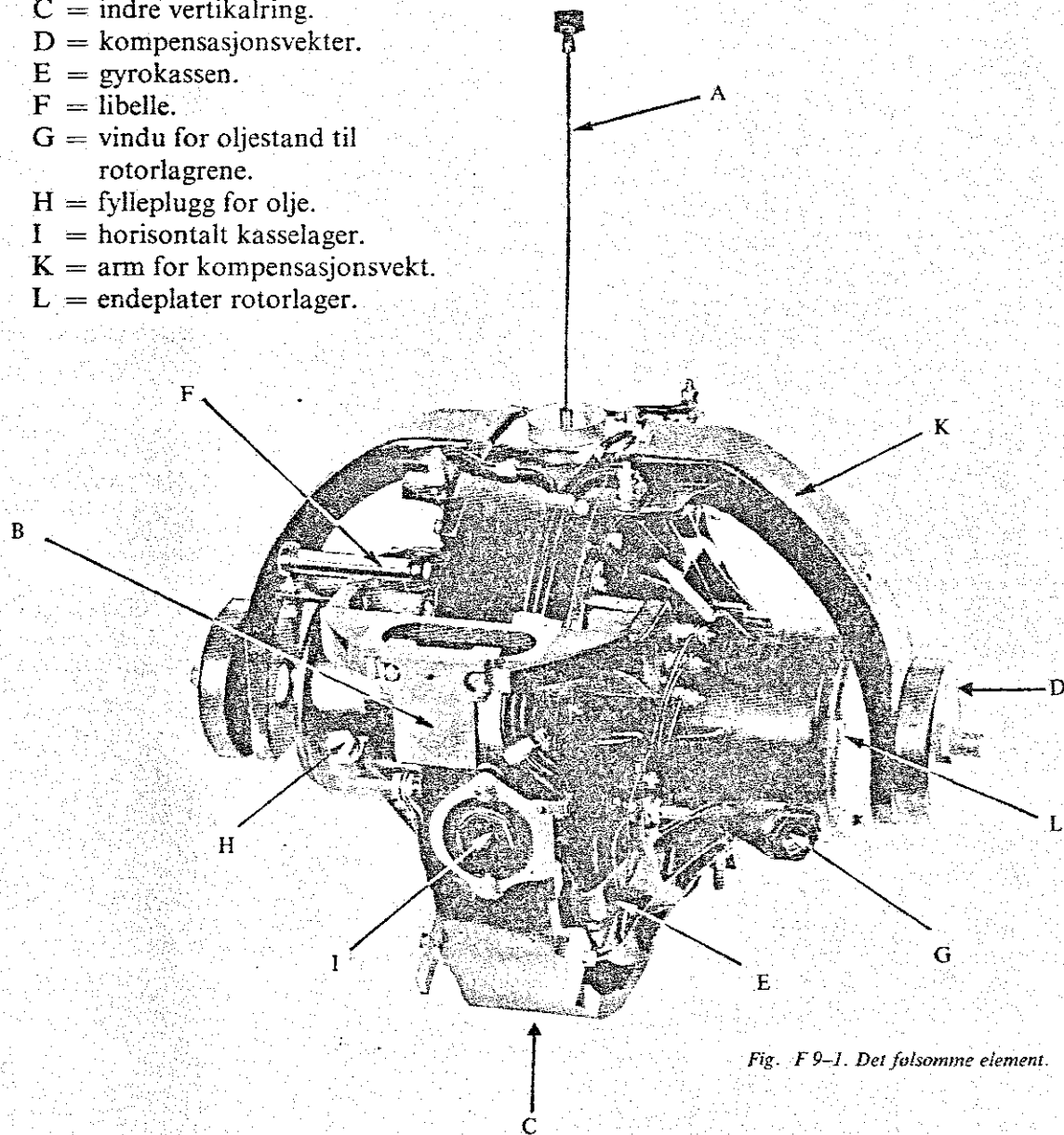


Fig. F 9-1. Det fulsome element.

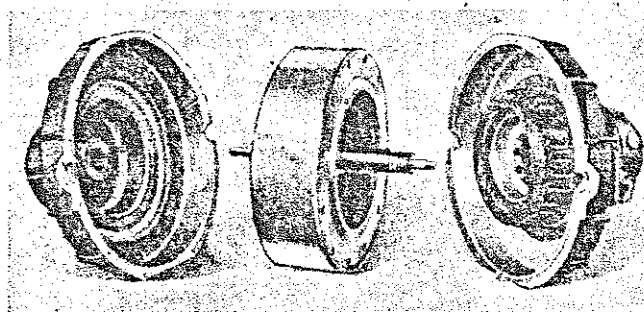


Fig. F 9-2. Gyrohjulet er rotoren i en tre-faset induksjonsmotor.

Tromp.

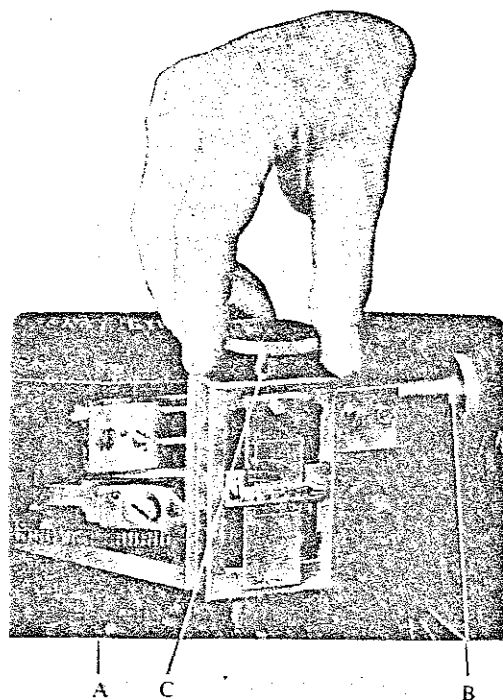


Fig. F 9-6. Innstilling av farts- og breddekorrigeringsmekanismen.

På fig. F 9-5 er: *A* = asimutmotor. *B* = farts- og breddekorrigeringsmekanismen. *C* = styrestreksring. *D* = transmitter. *E* = transmittervogn. *F* = transmitterkontaktarm. *G* = korsringens tverrskipsarm. *H* = tverrskipsarmens lager. *I* =

børster for sleperinger. *K* = cosinusarm med sin tapp.

Fig. F 9-6 viser farts- og breddekorrigeringsmekanismen med sine to skrueinnstillinger. Med skruen - *B* - stiller vi inn for riktig bredde, og med skruen - *C* - regulerer vi stillingen på en vogn, slik at påværende bredde faller overrett med den fartsurve som svarer til skipets fart i øyeblikket.

Fig. F 9-5 viser at mekanismen har en arm - *A* - som med en tapp beveger seg i en grop, cosinusgropen, på undersiden av asimuthjulet. Når asimuthjulet dreies rundt av asimutmotoren, vandrer tappen i gropen. Armen vil bevege seg den ene eller den andre veien, fordi cosinusgropen ligger eksentrisk i forhold til hjulets sentrum. Ved hjelp av en utveksling blir styrestreksringen dreiet slik at farts- og breddefeilen blir opphevet. Vi leser av riktig kurs. Forutsetningen er naturligvis at navigatøren husker på å stille inn korrigeringsmekanismen riktig hver dag.

#### Etterdreiningssystemet.

Fig. F 9-7 gir en skjematisk oversikt over Sperrys gyrokompass. Det følsomme element, som er farget rødt på figuren, vil

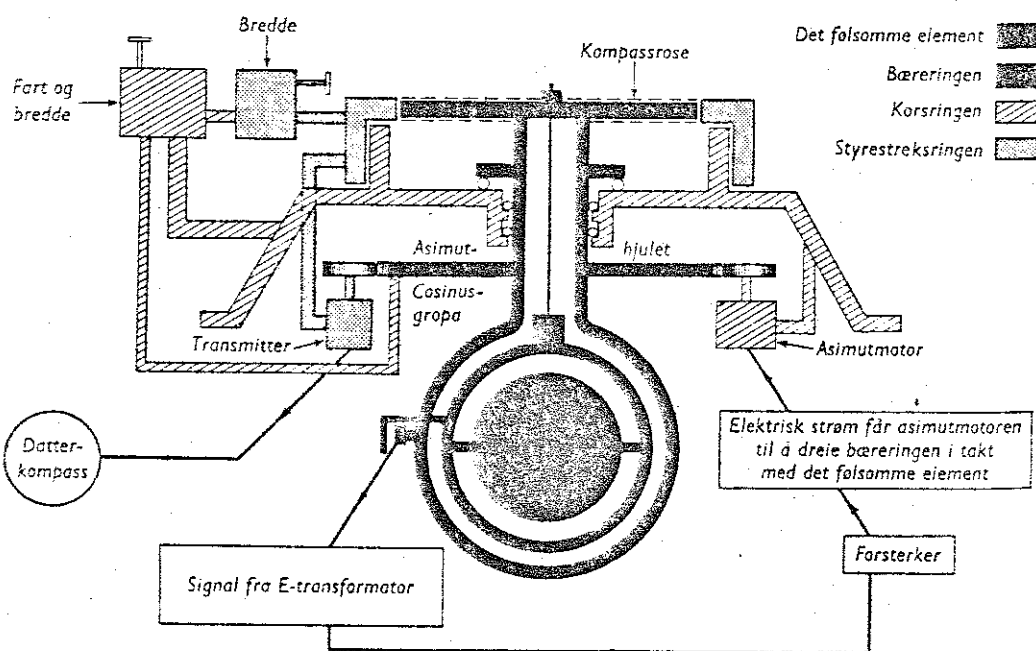


Fig. F 9-7. Etterdreiningssystemet og overføringen til datterkompassene.

K.O.R.

### Transparans

Til anlegget hører dessuten et alarm-system som varsler når anlegget trer ut av funksjon. Kursskriver kan også fås.

Med hvert anlegg følger detaljert beskrivelse med tegninger. Her finnes regler for starting og stopping, daglig og ukentlig pass og smøring. Følger man disse forskriftene nøye, vil man få glede av sitt gyrokompass.

#### F 10. Arma-Brown gyrokompass

Figuren F 10-1 viser et Arma-Brown gyrokompass. Dette kompasset har tre kombinasjonsmåter, som vi ganske kort skal omtale.

1. *Fritt gyroskop som selv holder seg horisontalt.* Dette kompasset presesseres altså ikke mot meridianen. Gyroaksen vil da forandre retning i forhold til meridianen med en hastighet som er lik  $15^\circ \cdot \sin$  bredden.

2. Bli et fritt gyroskop presessert slik at omdreiningssaksen hele tiden holder seg uforandret i en bestemt stilling eller retning på jordoverflaten, sier vi at det er et *rettet gyroskop*. Det holder da en valgt peiling uforandret. Dette kan være nyttig på høye bredder, hvor de vanlige kompassene er umulige å bruke.

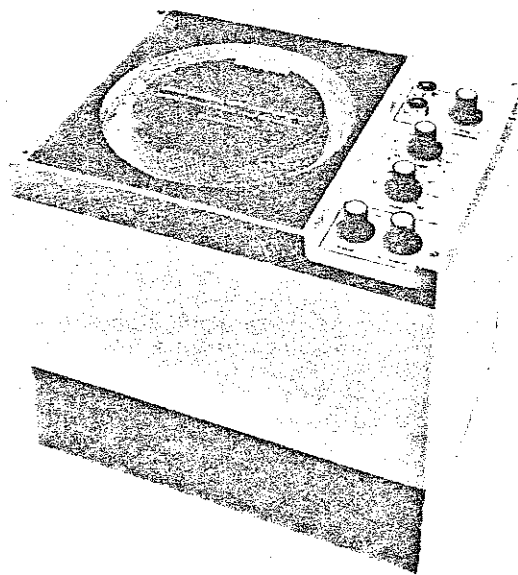


Fig. F 10-1. Arma-Brown gyrokompass Mk 10.

3. Den tredje måten dette kompasset kan brukes på, er som et *vanlig gyrokompass*, og det er dette vi skal konsentrere vår oppmerksomhet om. Det vil føre for langt å ta med alle detaljer for hver type gyrokompass. Vi får derfor nøye oss med å se på de prinsipielle tingene, som demping, etterdreining, overføring til datterkompass og korrigeringsanordninger for feil.

Figur F 10-2 viser *gyrokula*. Det er en hermetisk lukket beholder, som inneholder to *gyrohjul* montert ett i hver ende av omdreiningssaksen. Gyrohjulene drives av en induksjonsmotor.

På figur 10-3 ser vi hvordan *gyrokula* er opphengt i en tank. Først festes den til en ramme ved hjelp av to *horisontale* tråder merket *a* på figuren. Ramma festes så til selve tanken med to *vertikale* tråder merket *b* på figuren. Disse trådene kalles også for *torsjonstråder*. Torsjon betyr vridning. *Ved hjelp av disse trådene kan gyroaksen presesseres.* La oss anta at *gyroaksen tipper noe oppover i forhold til tanken.* Det vil da oppstå et *dreiemoment* i de *horisontale* trådene (*a*), fordi de vil gjøre motstand mot vridningen. Dette dreiemomentet vil forsøke å tvinge gyroaksen nedover, og resultatet blir at den presesserer horisontalt. Hvilken vei er avhengig av rotasjonsretningen.

Dreier gyroaksen seg i horisontalplanet i forhold til tanken, vil det oppstå dreiemoment i de *vertikale* trådene (*b*). Dette vil forårsake at gyroaksen enten løfter eller senker seg.

Tanken fylles så med et stoff, som ved vanlig værelsestemperatur opptrer i fast form. Gyrokula er da låst fast, og trådene kan ikke skades ved støt eller lignende. Når gyrokompasset skal brukes, slås det først til oppvarming en tid, slik at stoffet i tanken smelter og blir flytende. *Væskens tetthet er da slik at oppdriften er lik vekten av gyrokula.* Opphengningstrådene blir uten belastning.

Fig. F 10-4 viser hvordan tanken henges opp. *Nord-sør* aksen på tanken, som også er gyrohjulets akseretning, er lagret



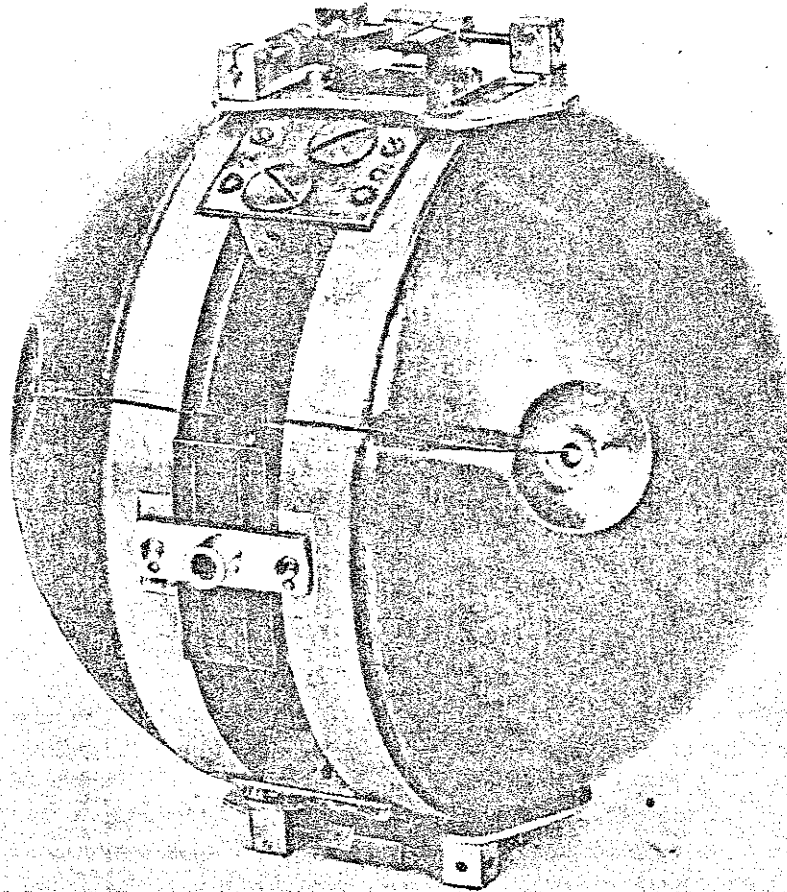


Fig. F 10-2. Gyrokula i Arma-Brown gyrokompas.

opp i en horisontal ring. Denne ringen hviler igjen med sin øst-vest akse i bæregaffelens lagre.

Horisontalringen og tanken kan dreies eller tippes om øst-vest akse ved hjelp av tippemotoren. En stoppeanordning ved det vestre lageret begrenser tippingen til 60° hver vei.

Nord-sør aksens retning kan forandres ved hjelp av asimutmotoren. Kompassrosen er festet til bæregaffelen. På figuren har vi bare antydnet dette rent skjematisk

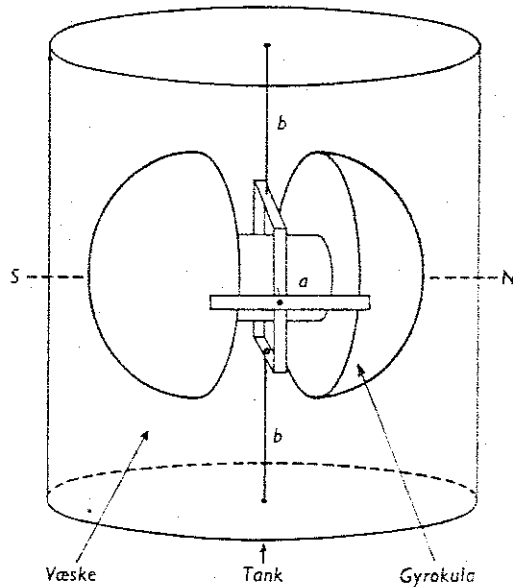


Fig. F 10-3. Gyrokula er opphengt i horisontale og vertikale tråder. Tanken er fylt med en væske. Oppdriften er lik vekten av gyrokula.



Transp.

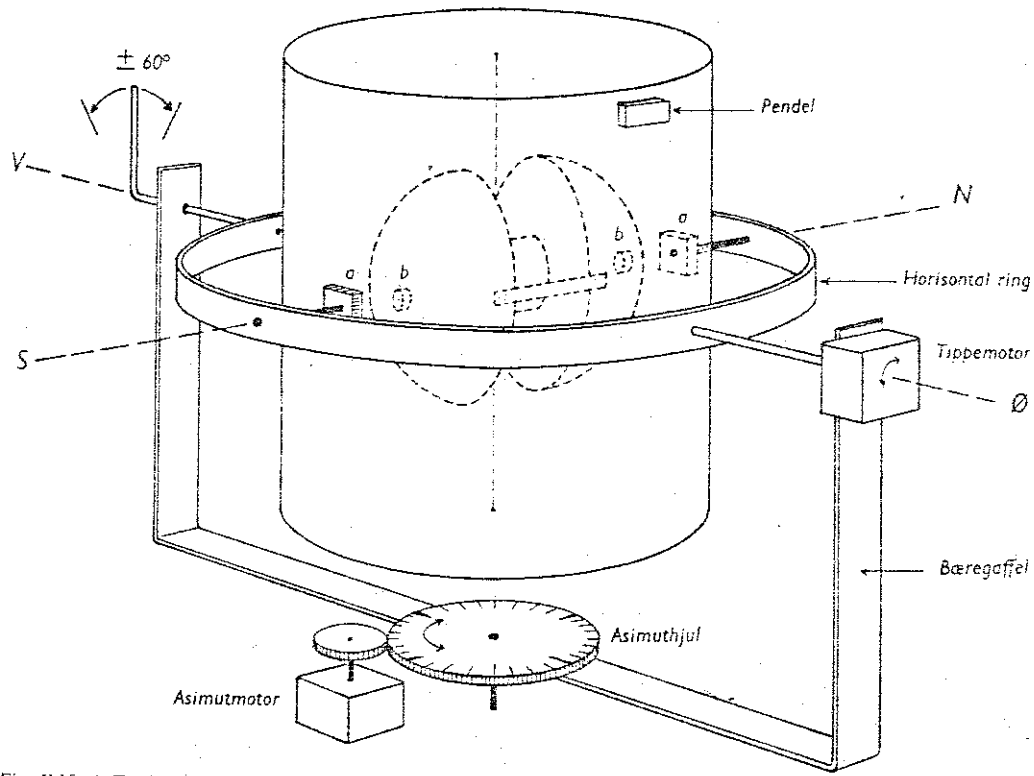


Fig. F 10-4. Tankens opphengning. Den kan dreies om sin øst-vest akse med tippemotoren og om sin vertikale akse med asimutmotoren.

ved å tegne inn kompassrosen på asimuthjulet.

El. magnet

Figuren viser også at det på innsiden av gyrokula sitter to små spoler med jernkjerner, b, én i hver ende. De får tilført vekselstrøm. Rett overfor disse, festet til tanken, sitter noen små induksjonsspoler, a. Disse spolene er et viktig ledd i etter-

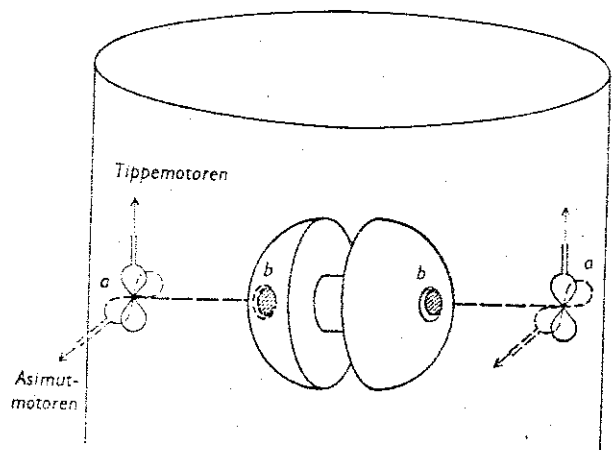


Fig. F 10-5. Spoler med jernkjerner b inducerer spenninger i induksjonsspolene a.

dreiningssystemet på dette gyrokompaset.

Figur F 10-5 viser at induksjonsspolene er formet som åttetall. Det er to induksjonsspoler på hver side, den ene ligger horisontalt og den andre vertikalt. De er isolert fra hverandre.

Når induksjonsspolene og elektromagnetene ligger like overfor hverandre, vil det induseres like sterke, men motsatt rettede spenninger i de to halvdelene på åttetallsspolene, som står vertikalt. Resultanten blir null. Det vil heller ikke bli noen resultantspenning i kretsene om gyroaksen parallellforskyves en eller annen vei, fordi korresponderende spoler i hver ende er koblet i serie, men motsatt rettet.

La oss se hvordan det blir hvis gyroaksen danner en vinkel med tankens akse. Det vil da induseres størst spenning i nedre halvdel på den ene siden og øvre halvdel av åttetallsspolene på den andre siden. Disse spenningene virker samme vei. Signalet forsterkes i en transistorisert

forsterkeravdeling før det sendes til tippemotoren, som dreier tanken tilbake inntil tankens og gyrohjulets akse faller overrett.

De horisontale induksjonsspolene har ansvaret for at asimutmotoren får riktige signaler under kursendringer eller giringer. Resonnementet blir akkurat det samme som forklart ovenfor.

Vi skal så se litt på hvordan dette kompasset gjøres nordsøkende. La oss først minne om at Sperry-gyrokompasset brukte kvikksølvkontrollen for å registrere at nord-sør akse løftet eller senket seg. I Arma-Brown gyrokompass brukes en pendel til den samme registrering. Den er plassert på tanken, se fig. F 10-4.

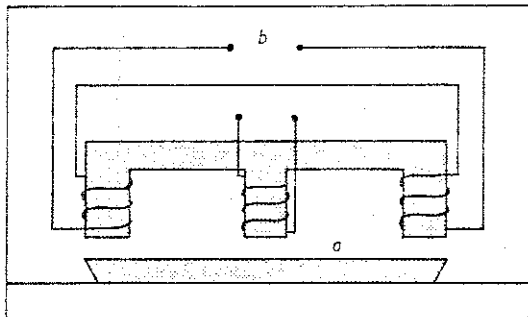


Fig. F 10-6. Pendelen på Arma-Brown gyrokompass.

Fig. F 10-6 viser en skisse av en slik pendel. Den består av en E-transformator og et jernanker. Den midtre spolen tilføres vekselstrøm. De ytre spolene er viklet i serie, men motsatt, slik at like store induerte spenninger vil oppheve hverandre. Jernankeret *a* på figuren virker som en pendel, fordi det er opphengt på en spesiell måte. Pendelbevegelsene dempes av en væske, slik at skipets og tankens rulling ikke skal influere på systemet.

Står tanken vertikalt, vil jernankeret ligge symmetrisk i forhold til E-transformatoren, og det blir ingen resultantspenning mellom kontaktpunktene *b*.

Prinsippet med E-transformatoren er ellers forklart under avsnittet F 9 om etterdreiningsystemet for Sperry gyrokompass.

La oss kort se hvordan hele systemet virker: Nordenden på gyroaksen hever seg på grunn av jordas rotasjon. Induksjonsspolene vil sette i gang tippemotoren, slik at tanken vipper ut av vertikalen. Dermed kommer pendelen i aksjon. Også den sender sitt signal til tippemotoren, men motsatt vei. Tanken dreier tilbake så mye at signalet fra pendelen blir like stort som signalet fra induksjonsspolene.

Tankens nord-sør akse kommer da til å danne en vinkel med omdreiningssaksen, slik at vi får et dreiemoment i de horisontale tråder. Dette får gyroaksen til å presessere mot meridianen. Gyrokompasset er meridiansøkende.

For å få dempet svingningene om meridianen, sendes en liten del av signalet fra pendelen til asimutmotoren, slik at tankens akse dreies i horisontalplanet. Denne dreining pågår til pendelens signal opphever signalet fra induksjonsspolene. Vi får da en vinkel mellom tankens akse og omdreiningssaksen, som resulterer i et dreiemoment i de vertikale trådene. Gyroaksen presesseres dermed i vertikalplanet, og dempingen er i gang.

Vi skal til slutt ganske kort nevne farts- og breddefeilen. Den gjør seg gjeldende når skipet ligger på nordlige eller sørlige kurser. Gyroaksen vil da heve eller senke seg på grunn av jordas krumning. Feilens størrelse er avhengig av skipets kurs, fart og påværende bredde.

I Arma-Brown tilføres korrigeringsenheten opplysningene om skipets kurs automatisk fra asimuthjulet, mens navigatøren selv må stille inn for fart og bredde på potensiometrene som er vist på figur F 10-7. Disse knappene er plassert lett tilgjengelige på selve gyrokompasset, se figur F 10-1. Arma-Brown gyrokompass er beregnet slik at det kan plasseres direkte på brua i en navigasjonspult.

Opplysningene om skipets kurs, fart og bredde tilføres asimutmotoren, slik at tankens akse dreies litt i forhold til gyroaksen. Det oppstår da et dreiemoment i de vertikale trådene, som presesserer ned eller opp, motsvarende den bevegelse

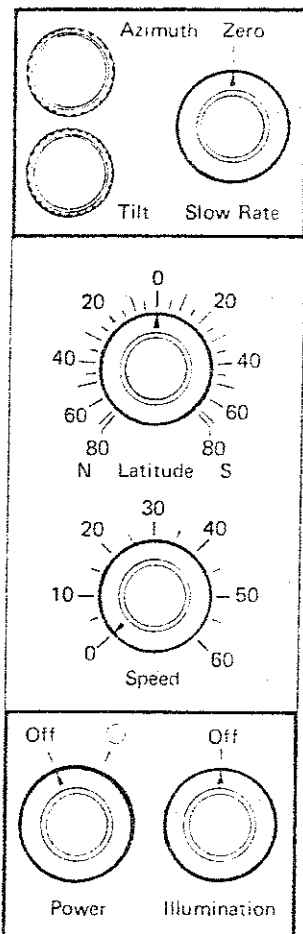


Fig. F 10-7.  
Operatorpanelet  
for Arma-Brown  
gyrokompass.

gyroaksen får på grunn av jordas krumning. Dermed er gyrokompasset fritt for farts- og breddefeil. Man slipper å bruke tabell for dette kompasset.

Figur F 10-8 viser et snitt av et moderne Arma-Brown gyrokompass. Det er enkelt å betjene, idet man bare behøver å slå på ON/OFF bryteren. Kompasset vil da være klart til bruk etter 3 timer.

Kompasset kan imidlertid være klart til bruk etter 25-30 minutter hvis man presesserer til riktig kurs og helning av gyroaksen. Dette gjøres ved hjelp av knappene ASIMUTH, TILT og SLEW RATE som er vist på figur F 10-7.

## F 11. Anschütz's gyrokompass

Fig. F 11-1 gir en oversikt over de viktigste komponentene i Anschütz's gyrokompass. Slike kompasser kaller vi ofte

for *kulekompasser*, fordi det følsomme element er en kule som er nedsenket i en væske.

Anschütz's gyrokompass bruker to gyrohjul som er montert inne i en gyrokule. Se fig. F 11-2, hvor vi ser de to gyrohjulene ovenfra. I sin hvilestilling danner de to omdreiningssaksene en vinkel på  $90^\circ$  med hverandre. Gyrohjulene er koblet sammen med et fjærende stangsystem, slik at når det ene hjulet beveges en vinkel den ene veien, vil det automatisk tvinge det andre hjulet en like stor vinkel motsatt vei. Når gyrokompasset er i drift, roterer begge gyrohjulene med en hastighet på ca. 20 000 omdreininger i minuttet. Da de to gyrohjulene er lagret i gyrokula, vil den stille seg inn i resultatretningen til de to gyrohjulene, slik fig. F 11-2 viser. Utenpå kula setter vi et nullmerke eller et nordmerke, og ut fra dette merket inndeler vi gyrokulas ekvatorbelte i  $360^\circ$ .

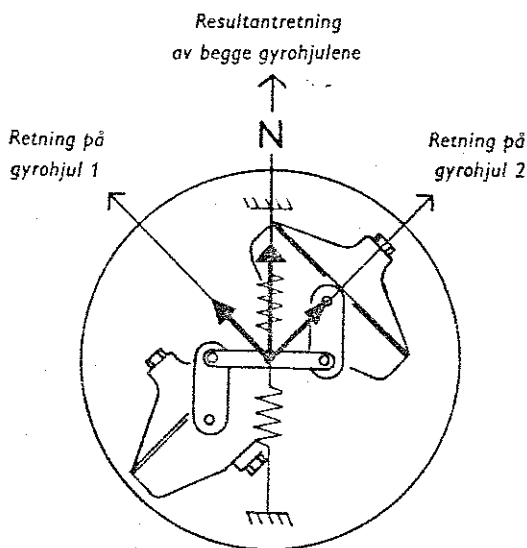


Fig. F 11-2. Gyrohjulene sett ovenfra i gyrokula.

I bunnen på gyrokula ligger det litt olje som smører lagrene. Gyrokula pumpes lufttom og fylles med hydrogen for å motvirke oksydasjon. Navigatørene må aldri åpne gyrokula for å forsøke å finne eventuelle feil. I slike tilfeller tilkalles selskaps representant, som bytter inn ny kule.

Fig. 11-3

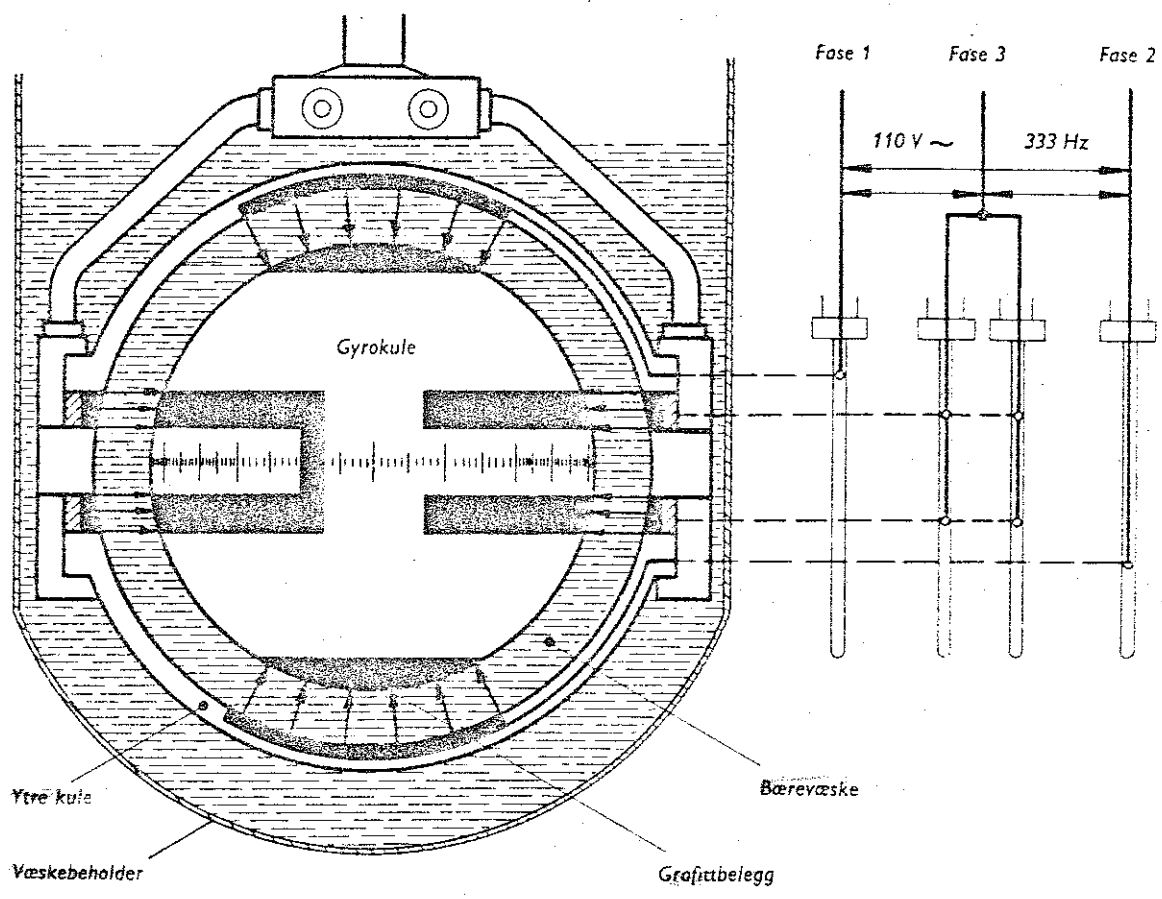


Fig. F 11-3. Gyrokula flyter i en elektrisk ledende væske.

På fig. F 11-1 ser vi at gyrokula ligger inne i en annen kule, som vi kaller den ytre kule. Begge kulene er plassert i den store væskebeholderen som er fylt med bærevæsken. Den ytre kule har åpninger oppe og nede, slik at bærevæsken omgir gyrokula fullstendig. Gjennom et observasjonsvindu i væskebeholderen kan navigatøren lese av gyrokursen på ekvatorbeltet. I dette vinduet kan han også kontrollere om gyrokula har den riktige høyden i bærevæsken.

Bærevæsken er en blanding av destillert vann og glyserin. Blandingsforholdet er 10:1. Dessuten tilsettes noen få gram benzoesyre for å gjøre væsken elektrisk ledende.

På fig. F 11-3 ser vi hvordan den elektriske strømmen overføres til gyrokula uten at det er vanlige elektriske ledningsforbindelser. Både gyrokula og den ytre

kule har elektrisk ledende belegg på begge polkalottene og på ekvator. Den trefasete strømmen, som skal drive gyrohjulene, ledes ned til de tre beleggene på den ytre kule, slik at en fase går til den øvre polkalotten, en fase til den nedre polkalotten og en fase til ekvatorbeltet. Strømmene går så korteste vei gjennom bærevæsken til de elektrisk ledende feltene på gyrokula. Se pilene på figur F 11-3. Inne i gyrokula går det så vanlige elektriske ledninger fram til gyrohjulenes motorer, slik at hjulene settes i hurtig rotasjon.

Bærevæsken har også en annen og meget viktig funksjon. Dens tetthet må være slik avpasset at vekten av gyrokula er noen få pond større enn oppdriften. Når gyrokompasset ikke er i drift, vil gyrokula hvile med et lett trykk mot bunnen på den ytre kule. Men så snart gyrokompasset startes, sendes en av de tre fasene i

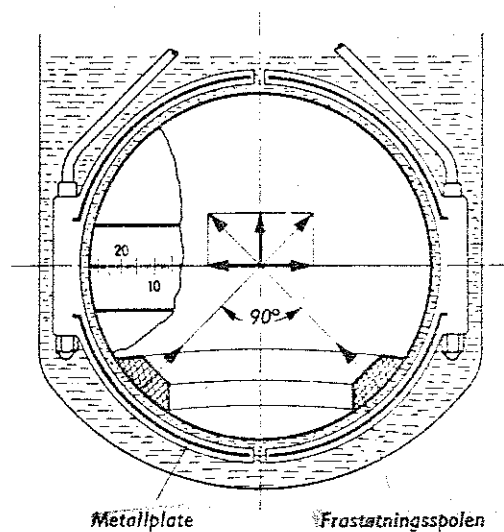


Fig. F 11-4. Frastøtningsspolen løfter og sentrerer gyro-kula.

gyrokula også til en horisontal ringformet spole som er montert i bunnen på kula. Se fig. F 11-4. Denne spolen kan vi kalle *frastøtningsspolen*, fordi den vil fa gyrokula til å løfte seg klar av bunnen på den ytre kula.

Vekselstrømmen i frastøtningsspolen omgir seg med et vekslende magnetfelt som vil indusere spenninger og strømmer i en metallplate i den ytre kula. Disse strømmene vil igjen sette opp sine egne magnetfelter, som er motsatt rettet frastøtningsspøls magnetfelter. De motsatt rettede krefter som derved oppstår, vil ikke bare løfte gyrokula, men de vil også holde den på plass i sentrum. Fig. F 11-4 viser at de frastøtende kreftene har komponenter som virker både oppover og sideveis.

Frastøtningsspølen alene makter ikke å holde gyrokula i den riktige stillingen. Oppdriften må også være riktig, og det vil den være når bærevæskens temperatur holdes på ca. 52 °C. Anschütz's gyrokompas er derfor utstyrt med et system som kontrollerer og regulerer bærevæskens temperatur automatisk. Dette er vist på fig. F 11-5.

Når gyrokompasset startes, kobler mikrobyteren 1 inn tre parallellkoblede varmeelementer som ligger på utsiden av

væskebeholderen. Etter hvert som temperaturen i bærevæskens stiger, løfter en varmetermostat et brett under mikrobyterne.

Idet temperaturen er 49 °C, kobler brettet ut mikrobyteren 1. Varmen fra gyrokompasset vil normalt sørge for at temperaturen stiger videre til 52 °C. Ved denne temperaturen vil termostatbrettet koble inn mikrobyteren 2, slik at vifta i bunnen av gyrokompasset startes. Termostaten vil koble vifta til og fra, slik at temperaturen på bærevæskens hele tiden er riktig.

Hvis det oppstår en eller annen feil, slik at temperaturen i bærevæskens stiger til 57 °C, vil mikrobyteren 3 koble inn en busser som alarmerer vakthavende navigatør på brua. Det er ikke nødvendig å slå av gyrokompasset med en gang, fordi temperaturstigningen ikke influerer vesentlig på gyrokompassets funksjon. Temperaturstigningen vil heller ikke være årsak til at viktige deler ødelegges. Men navigatøren må med en gang forsøke å finne årsaken til temperaturstigningen. Det bør i første rekke kontrolleres om vifta går og om luftsirkulasjonen i gyrorommet er i orden. Finner man ikke feilen innen rimelig tid, får man slå av gyrokompasset og ta instruksjonsboka til hjelp.

Som figuren viser, er gyrokompasset utstyrt med et kvikksølvtermometer. Når navigatøren tar sin daglige inspeksjonsrunde i gyrorommet, bør han også ha for vane å kontrollere bærevæskens temperatur, selv om anlegget har automatisk varslingsystem.

Navigatøren bør ikke blande og lage til bærevæske uten at han kjenner forholdene godt. Det er bedre å overlate dette til selskapets servicefolk.

*Det svingende gyroskøpet.* La oss nå se hvordan gyrokula bringes til å søke mot meridianen. Vi må da først godta det faktum at regelen for presesjon av to gyrohjul, slik vi har det i Anschütz's gyrokompas, er den samme som når vi bare har ett gyrohjul, slik vi har det f.eks. i Sperry's gyrokompas. På fig. F 11-6 har vi derfor

nom oppdriftssenteret, slik vi har vist det på figuren. Vi får gyroskopisk pendelvirking. Oppdriften og tyngdekraften vil da forårsake et dreiemoment, som vil vri gyrokula i bærevæsken for å få akse horisontal igjen. Dette resulterer i at gyroaksen presesseres mot meridianen. Gyrokula vil følge med, og gyrokulas nordmerke vil svinge om meridianen. Gyrokula er blitt nordsøkende.

*Dempningsanordningen* sørger for at gyrokulas svingninger stadig blir mindre, inntil kulas nord-sør-retning blir liggende i ro i meridianen. På Anschütz's gyrokompas dempes svingningene ved at det plasseres en ringformet oljeholder i gyrokulas øvre del. Se fig. 11-6. Oljeholderen har en rekke tverrvegger med små åpninger. Beholderen er halvfylt med en forholdsvis tyktflytende olje.

Når gyroaksen heller, vil oljen renne ned i den laveste delen av oljeholderen, men det vil gå sent, fordi den tykke oljen bare langsomt siver gjennom de trange åpningene i tverrveggene. Oljens vektforflytning vil motvirke presesjonen og på den måten dempe gyrokulas svingninger. Det hele er avpasset slik at gyrokulas nord-sør-retning faller sammen med meridianen når svingningene opphører.

På Sperrys gyrokompas har navigatøren mulighet for å presessere kompasset manuelt ved å trykke på rotorkassens lagre med fingeren. Dette er selvsagt ikke mulig på et Anschütz's gyrokompas, fordi det følsomme element ligger inne i bærevæsken. Gyrokompasset må derfor startes fire-fem timer før det skal brukes, slik at gyrokulas svingninger er opphørt.

Denne dempningsmåten gir ingen dempningsfeil eller breddefeil. Det finnes ikke noen spesiell korrigeringsmekanisme for farts- og breddefeilen på Anschütz's gyrokompas. I instruksjonsboka er det derfor tatt med tabell over farts- og breddefeilen. Vi har vist en slik på fig. F 11-7.

Eksempel.

Rettvisende styrt kurs .....	= 210
Farts- og breddefeil for 60, 18 knop .....	+ 2
Gyrokurs .....	= 208

*Etterdreiningssystemet.* Fig. F 11-8 viser at kompassrosen er festet til den ytre kula med en del armer som kalles edderkoppben. Etterdreiningssystemet vil for dette kompassets vedkommende gå ut på å få kompassrosen, edderkoppbena og den ytre kula til å følge gyrokula. Asimutmotoren eller vendemotoren sørger for denne etterdreiningen, såfremt den får tilført de nødvendige signalene. På figuren ser vi vendekontaktene  $W_1$  og  $W_2$ . Ved hjelp av disse vil systemet øyeblikkelig observere enhver forskyvning mellom gyrokula og den ytre kula.

Fig. F 11-9 viser et elektrisk koblingskjema for etterdreiningssystemet. Det er noe forenklet. Vendemotoren er en tofas vekselstrømsmotor, hvor den ene statorviklingen får sin spenning direkte fra omformerer, mens den andre statorviklingen får sin spenning over symmetrispolene  $S_1$  og  $S_2$ . Hvis fasene skifter over symmetrispolene, vil det resultere i et roterende magnetisk felt i vendemotoren som får ankeret til å rotere.

Spenningene over symmetrispolene bestemmes av en Wheatstones brukobling. Vekselstrømmen ligger mellom kontaktpunktene  $a$  og  $b$ . Fra kontaktpunktet  $a$  går strømmen til midten av ekvatorbåndet på den ytre kula, videre korteste vei gjennom bærevæsken til ekvatorbåndet på gyrokula. Her støter vi på en parallellkobling, hvor den ene grenen dannes av væskemotstanden  $R_1$ , vendekontakten  $W_1$  og symmetrispolen  $S_1$ , mens den andre parallellgrenen dannes av væskemotstanden  $R_2$ , vendekontakten  $W_2$  og symmetrispolen  $S_2$ . Figur  $b$  viser hele koblingen rent skjematisk.

Når gyrokulas nordmerke ligger riktig i forhold til den ytre kula, vil vendekontaktene  $W_1$  og  $W_2$  ligge rett ovenfor ekvatorbåndet på den ytre kula, slik figur  $a$  viser. Væskemotstandene  $R_1$  og  $R_2$  vil da være like store, fordi strømmene får like lange distanser å gå gjennom væsken. Den elektriske brua vil være i balanse, og følgelig vil spenningene over symmetrispolene  $S_1$  og  $S_2$  være like store, men

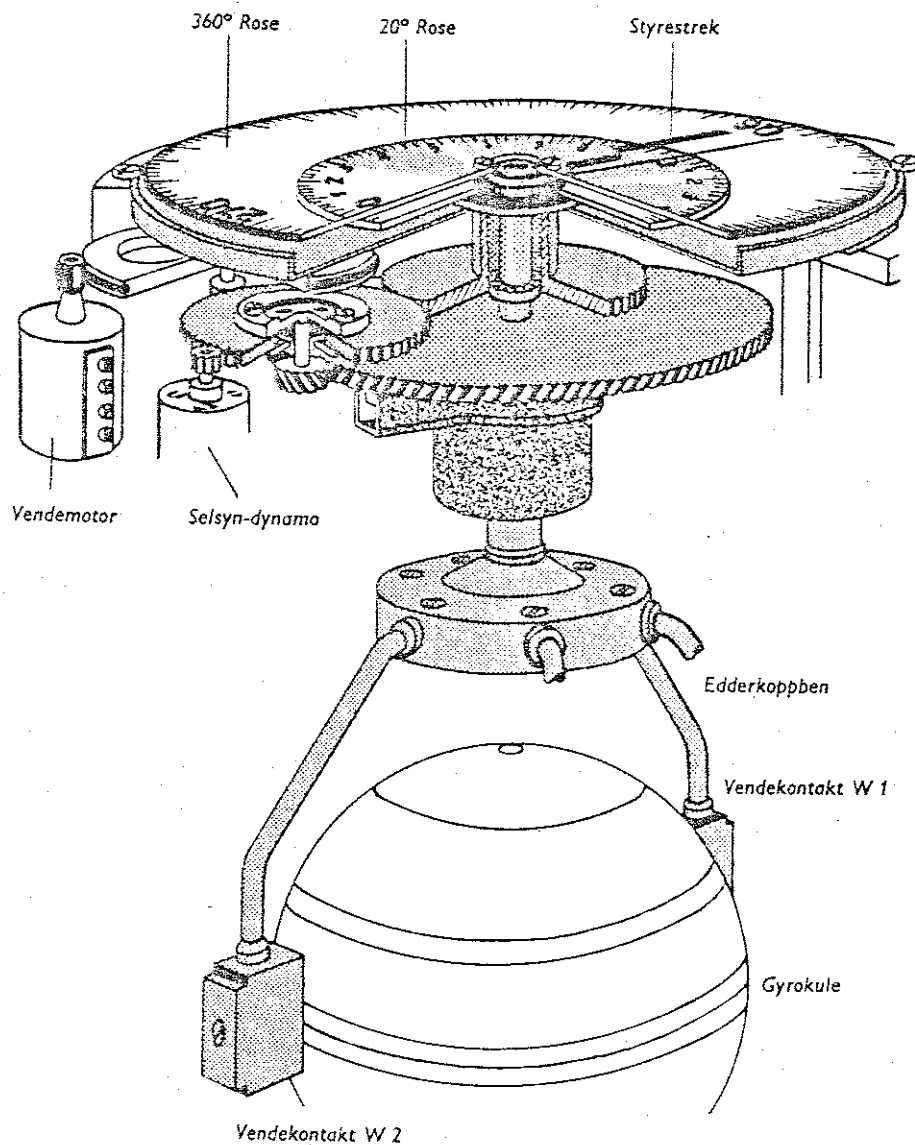


Fig. F 11-8. Etterdreiningssystemet

motsatt rettet eller om vi vil  $180^\circ$  faseforskjøvet. Det skjer ingen forandring i statorviklingene på vendemotoren. Den vil derfor stå stille.

Hvis skipet forandrer kurs, vil gyrokula ligge stille på grunn av gyrohjulene, mens den ytre kula vil følge med skipet. Dette vil forårsake at strømmen får en lengre distanse å gå gjennom væsken ved den ene av vendekontaktene, slik vi har vist det på figur c. Dette betyr at den elektriske bruå kommer ut av balanse, slik at vi får spenningsforskjell over symmetri-

spolene  $S_1$  og  $S_2$ . På figur c vil væskemotstanden  $R_1$  bli større enn  $R_2$ .

Spenningsvariasjonene over symmetri-spolene  $S_1$  og  $S_2$  vil forandre magnetfeltet i statorviklingen på vendemotoren, slik at ankeret begynner å rotere. Rotasjonsretningen er bestemt av faseforskjellen. Hvis gyrokompasset er utstyrt for å tilkobles datterkompasser, forsterkes gjerne signalene fra symmetri-spolene før de sendes til vendemotoren.

Overføring til datterkompassene ved Anschütz's gyrokompass er vist på fig. F



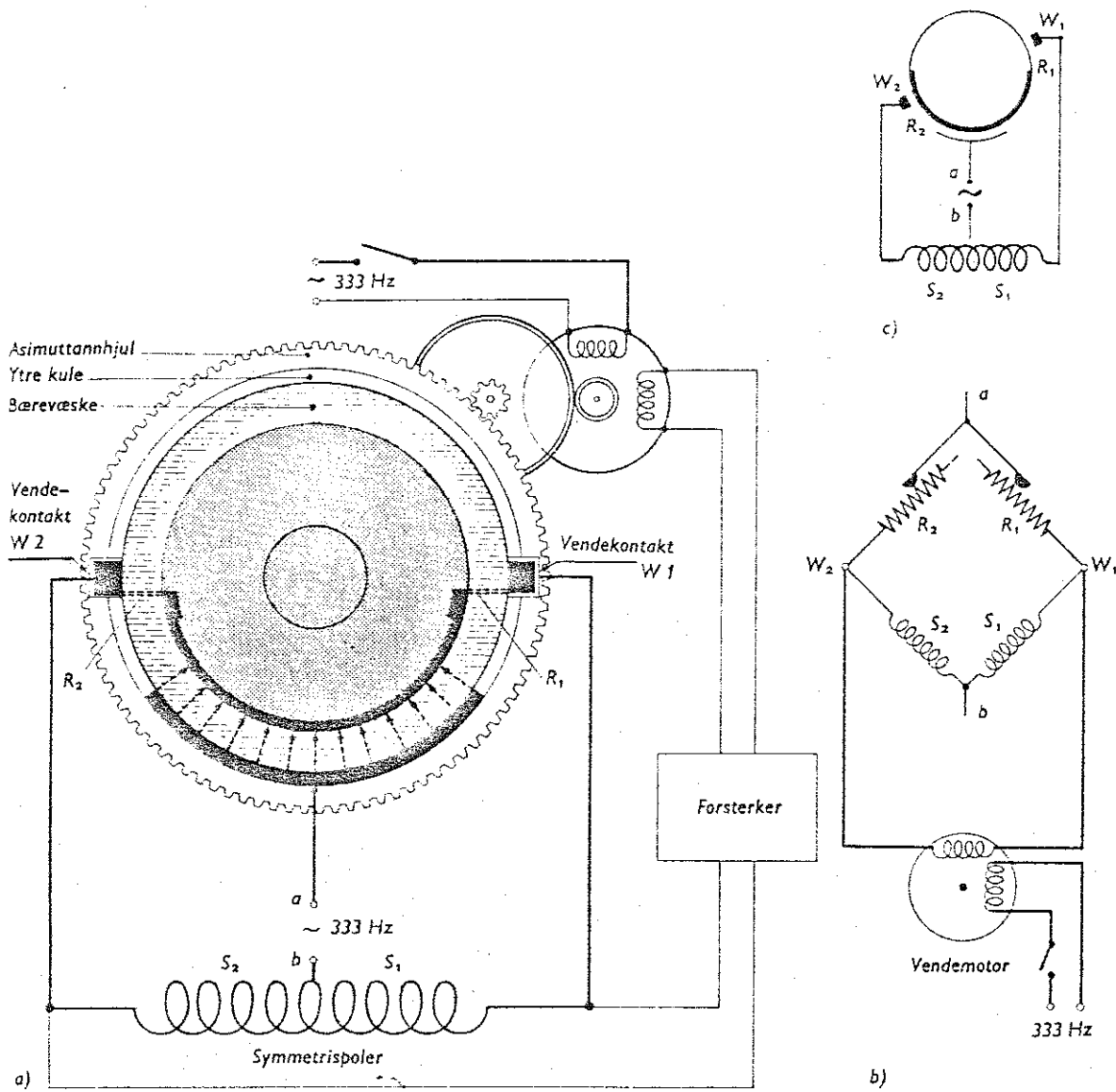


Fig. F 11-9. Etterdreiningssystemet skjematisk.

11-10. Det gjøres bruk av den såkalte *selsynoverføring* eller *synkro-overføring*.

Figuren viser at når vendemotoren eller asimutmotoren dreier kompassrosen, følger selsyndynamoen automatisk med ved hjelp av en tannhjulforbindelse. Derved overføres signalene til selsynmotoren i datterkompasset, slik at kompassrosen der dreies det samme antall grader som på moderkompasset.

Nederst på figuren har vi tatt med et forenklet koblingsskjema. Statorviklingene  $S$  i begge motorene får tilført vek-

selstrøm, som setter opp vekslende magnetiske felter rundt ankerviklingene. Ankrene  $R$ , som hver består av tre viklinger, er parallellforbundet til hverandre ved sleperinger.

Statorenes magnetfelter inducerer spenninger og strømmer i ankerviklingene på begge motorene. Men spenningene vil være like store og motsatt rettet hvis ankrene står i samme stilling.

Tvinges derimot, ved en kursendring ankeret i selsyndynamoen til å dreie seg, vil det forstyrre likevekten mellom spen-

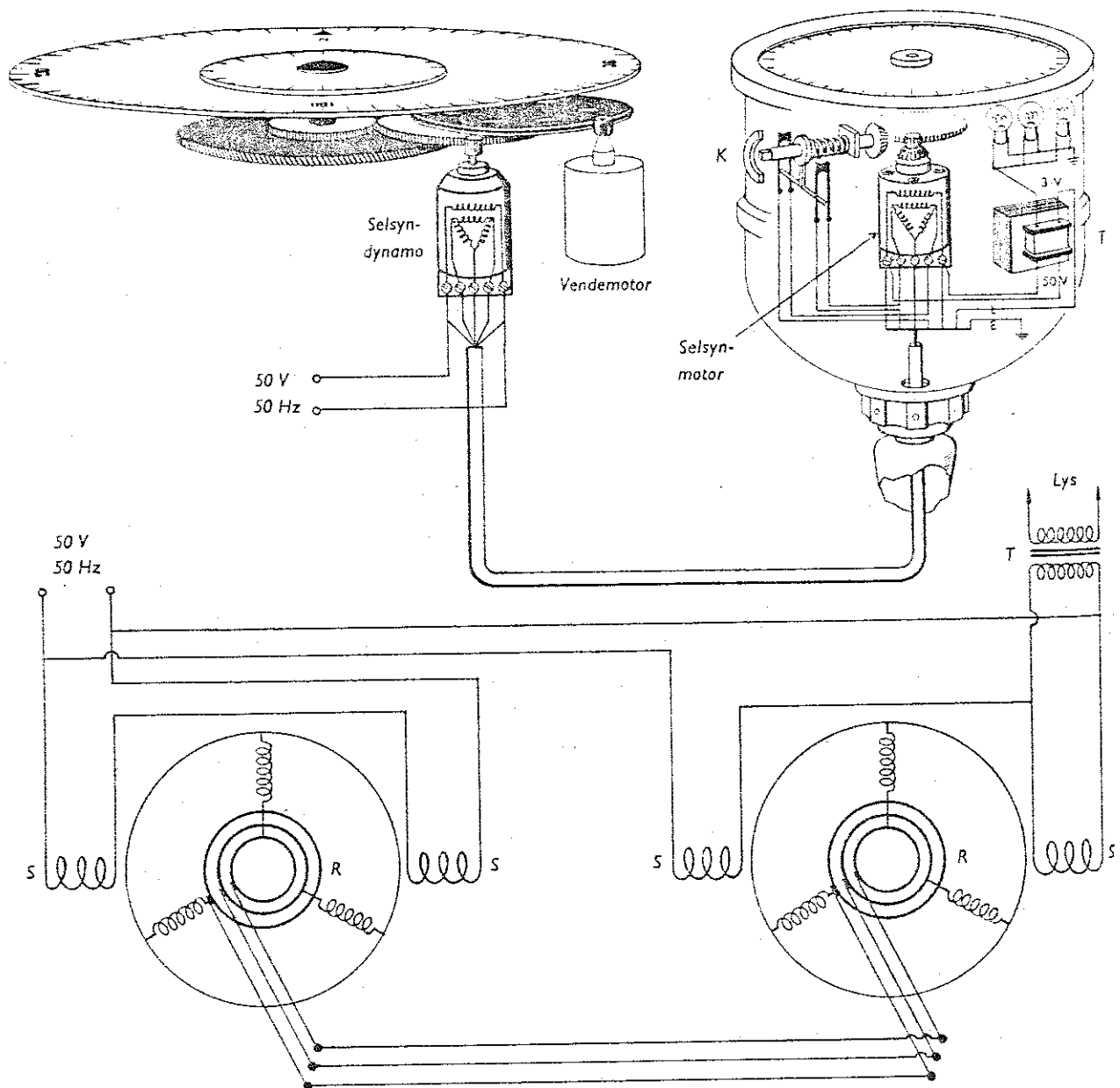


Fig. F 11-10. Overføring til datterkompassene.

ningene i ankerviklingene, slik at det vil gå en elektrisk strøm. Dermed settes det opp magnetfelter som tvinger ankeret i datterkompasset til å følge etter. Likevekten opprettes når ankrene igjen får samme stilling.

Hvis det ikke er overensstemmelse mellom moderkompasset og datterkompasset, kan navigatøren stille på datterkompassets rose med knappen K. Den bryter

samtidig kretsene til ankerviklingene. En transformator T sørger for riktig spenning til belysningen.

#### F 12. Plaths gyrokompass

Dette gyrokompasset ligner i sin oppbygning på Anschütz's gyrokompass. Som fig. F 12-1 viser, er to gyrohjul montert i gyrokula. Omdreiningssaksene danner en

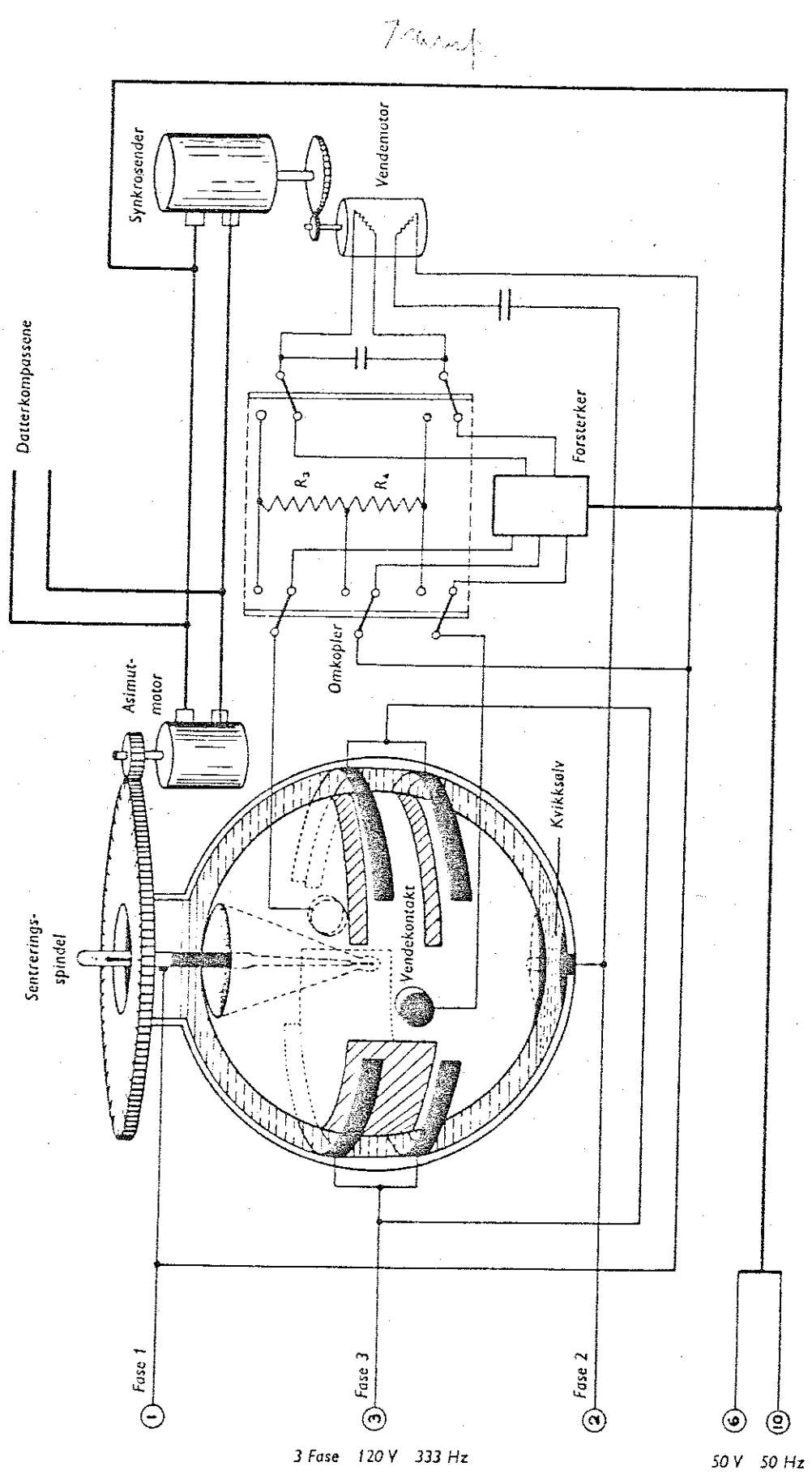


Fig. F 12-2. Strømtilførsel til gyrokula. Etterdrøiningssystemet.

vinkel på  $60^\circ$  med hverandre, og er innbyrdes forbundet, slik at de alltid står i like stor vinkel med meridianen. Gyrokula er loddet igjen og fylt med hydrogen.

Gyrokula skal plasseres i den ytre kula, men først helles det ned en bestemt mengde kvikksølv. Gyrokula hviler på kvikksølvet, og får på den måten den rette høyden. Kvikksølvet vil dessuten danne elektrisk ledende forbindelse mellom den ytre kula og gyrokula.

I sitt ytre skiller denne gyrokula seg fra Anschütz-kula ved en traktformet utskjæring i toppen. En sentreringsspindel går gjennom et øvre bærelager og ned til et lager i gyrokulas utskjæring. Dette er nøyaktig tilpasset, slik at gyrokula får nøyaktig sentrering i sideretningene.

En elektrisk ledende væske fylles ned i den ytre kula, slik at gyrokula er omgitt av denne væsken på alle kanter.

Gyrohjulene drives av en trefaset vekselstrøm, se fig. F 12-2. Vekselstrømmens fase 1 går over sentreringsspindelen og videre gjennom noe kvikksølv i bunnen på den traktformede utskjæringen til statoren.

Vekselstrømmens fase 2 går fra bunnen av den ytre kula gjennom kvikksølvet og til et ledende parti på nedre kalott av gyrokula.

Vekselstrømmens fase 3 går fra ekvatorbåndene på innsiden av ytterkula gjennom væsken til ekvatorbåndene på gyrokula. På denne måten blir det bare en av fasene som går gjennom væsken, og oppvarmingen blir mindre enn ved Anschütz-anlegget, hvor alle tre fasene gikk gjennom væsken.

Dette gyrokompasset gjøres nordsøkende på samme måte som beskrevet for Anschütz's gyrokompass. Se fig. F 11-6, hvor vi viser at tyngdepunktet ligger litt under oppdriftssenteret. Når gyroaksen heller, oppstår det et dreiemoment som får aksens til å presessere mot meridianen.

Også i dette kompasset dempes svingningene rundt meridianen av en ringformet oljebeholder, hvor oljen forsinkes

ved trange passasjer. Se fig. F 11-6 med forklaring i samme avsnitt.

Fig. F 12-2 gir også en oversikt over etterdreiningssystemet og overføringssystemet i datterkompassene. Vi ser at samme prinsipp som vi viste på fig. F 11-8, går igjen her. Når skipet forandrer kurs, vil vendekontaktene på ytterkula dreie seg i forhold til det brede ekvatorbånd på gyrokula. Vi får forskjellige spenninger over  $R_3$  og  $R_4$ , og dette vil få vendemotoren til å dreie seg.

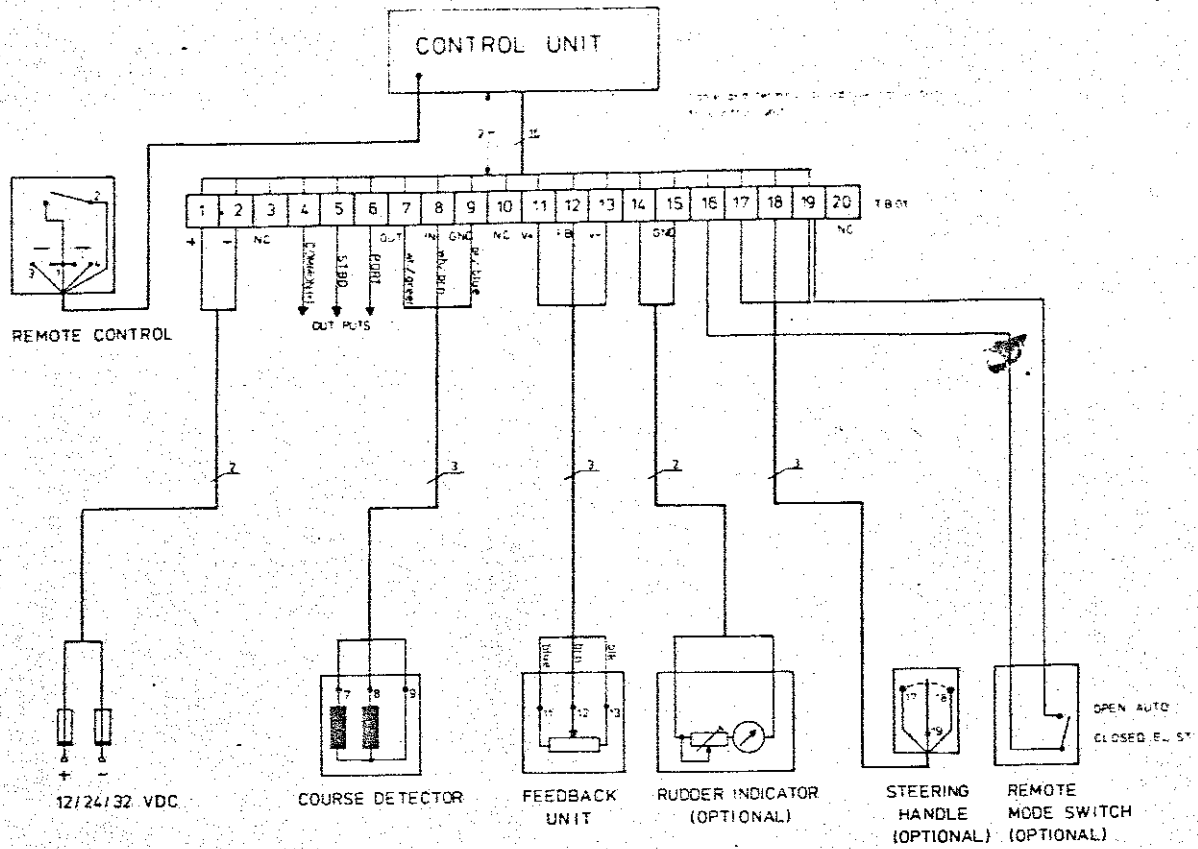
Som vi ser, er ikke vendemotoren i dette systemet identisk med asimutmotoren, slik som i Anschütz-systemet. Vendemotoren driver her synkrosenderen, som setter i gang asimutmotoren og motorene til alle datterkompassene. Dreiningen vil pågå inntil begge vendekontaktene har samme avstand til det brede ekvatorbåndet på gyrokula.

Normalt går signalene fra vendekontaktene gjennom et forsterkeranlegg, men hvis dette skulle svikte, kan signalene sendes direkte til vendemotoren ved hjelp av en omkobler. Innstillingen av den ytre kula vil da bli mindre nøyaktig, fordi anlegget får svakere strøm.

#### Oppgaver.

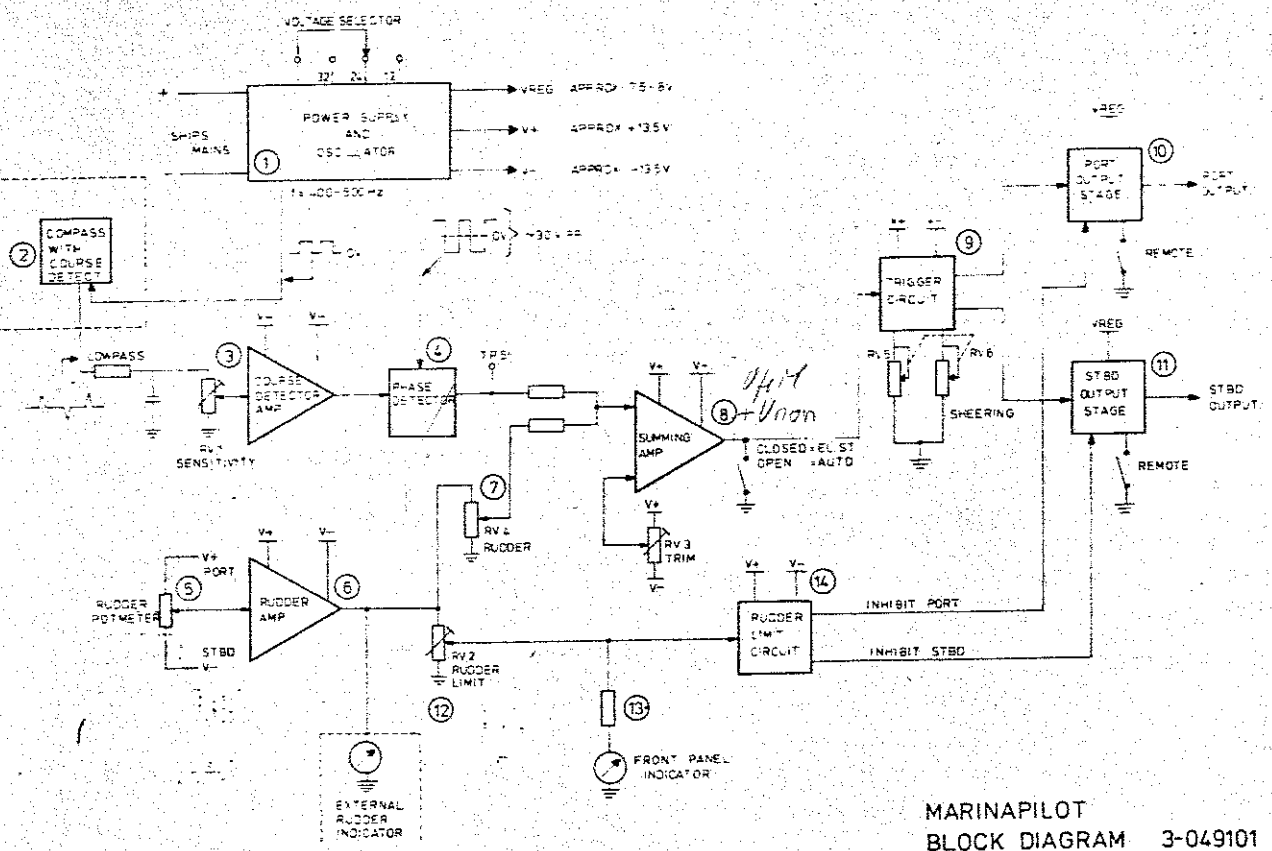
1. Hva er et fritt gyroskop?
2. Forklar hvordan et fritt gyroskop vil oppføre seg når det stilles opp på ekvator, på polene og på en mellomliggende bredde.
3. Et fritt gyroskop plasseres på nordpolen med gyroaksen horisontal. Den ene akseenden peker i et bestemt øyeblikk mot Greenwich-meridianen. Hvilken meridian vil den samme akseenden peke på fire timer seinere.
4. Et fritt gyroskop er plassert på  $N 50^\circ$  bredde. Gyroaksen peker langs en meridian, men heller samtidig  $50^\circ$  med horisontalplanet. I hvilken retning vil gyroaksen peke fire timer seinere, og hvor stor er heilingen med horisontalplanet da? Tegn figurer.
5. Et fritt gyroskop er plassert på  $N 40^\circ$  bredde med gyroaksen horisontal, og slik at den ene enden peker rett østover. I hvilken omtrentlig retning vil den samme akseenden peke seks timer seinere, og hvor stor vil da heilingen med horisontalplanet være? Tegn figurer.
6. Et fritt gyroskop er plassert på  $N 45^\circ$  bredde med gyroaksen horisontal. I samme øyeblikk peker gyroaksen i retning  $030^\circ$ . Tegn opp meridianfiguren. Gyroaksens forlengelse vil i løpet av et døgn beskrive en sirkel på himmelkula. Trekk opp denne sirkelen med en rød fargeblyant.

X.O.T.



MARINAPILOT EXTERNAL WIRING DIAGRAM

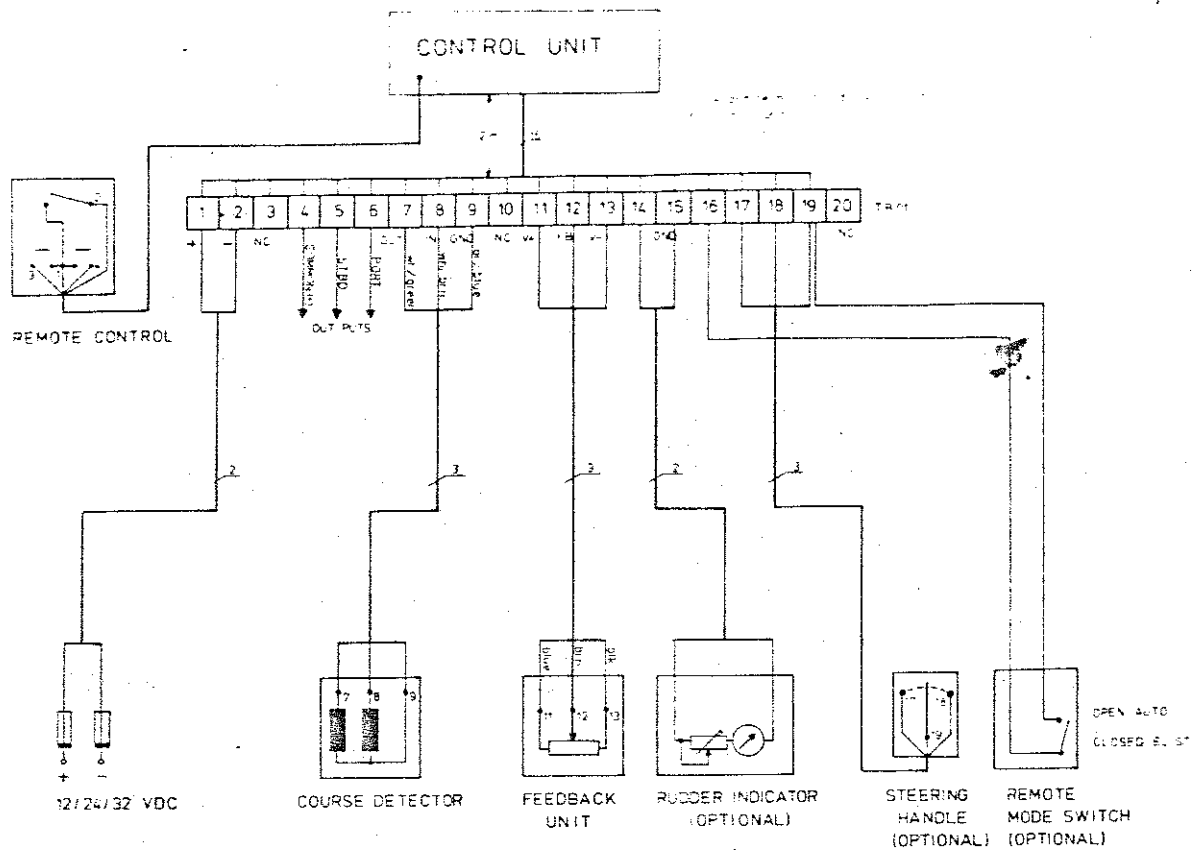
3-049112



MARINAPILOT BLOCK DIAGRAM 3-049101

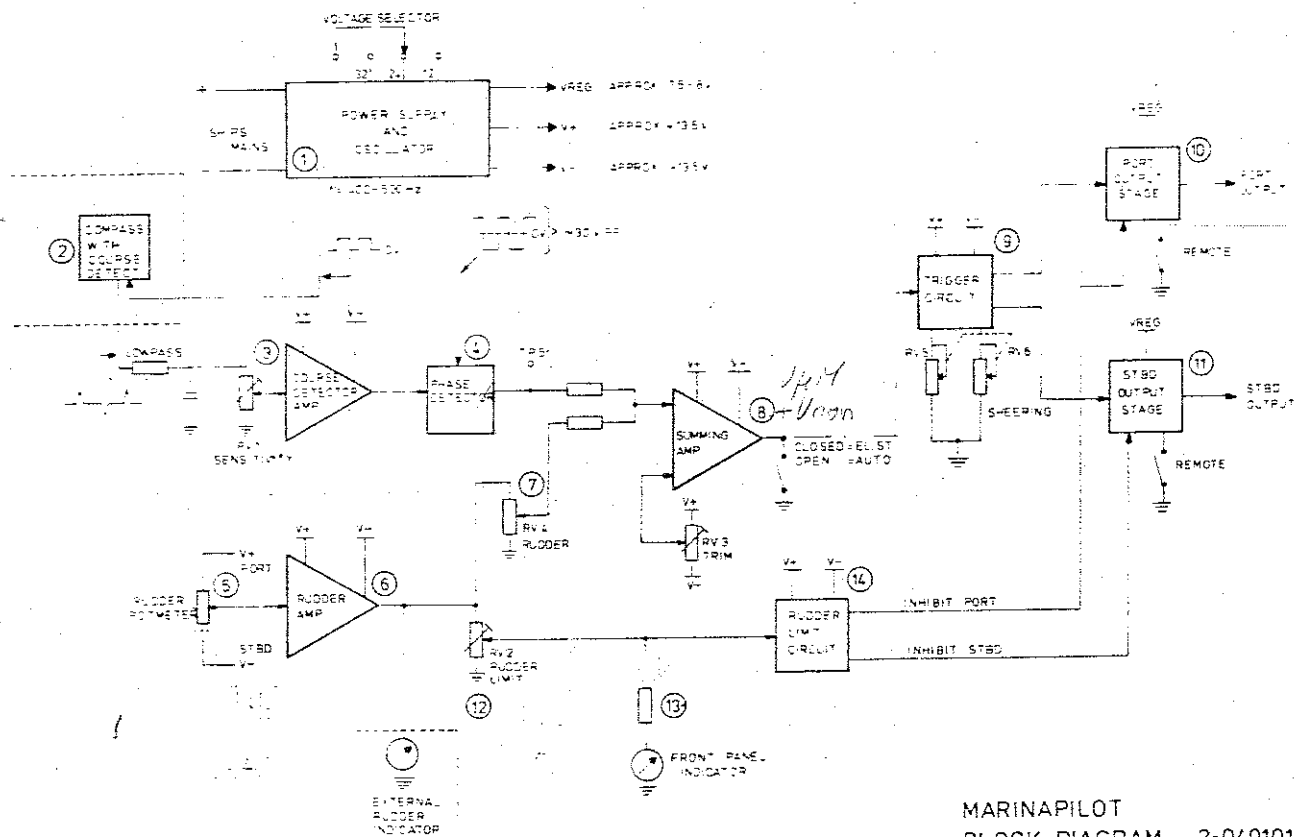
4.1.77

K.O.T.T.  
5



MARINAPILOT EXTERNAL WIRING DIAGRAM

3-049112.



MARINAPILOT BLOCK DIAGRAM 3-049101

4.1.77 50.