

Ur vårt Digitala Arkiv

Beskrivning Flyglägesinstrument FLI-23

Utgåva 1

Utgiven av Kungl. Flygförvaltningen den 25/6 1965

Denna digitala version omfattar enbart:

- Innehållsförteckning sid 5-9
- Inledning sid 11-12
- Konstruktion sid 13-16
- Verknings sätt sid 17-80

Inskannat 2017-12-12

Publikationen finns i sin helhet på Flygvapenmuseum

Flygvapnet

68 5 - 0 2 / 3

**FLYGLÄGESINSTRUMENT FLI-23
M3257-023011**

BESKRIVNING

Exemplar nr

096

KUNGL FLYGFÖRVALTNINGEN

Fastställs

Stockholm den 25 juni 1965

T Bergens / E Nyström

(

(

(

)

INNEHÅLL

INLEDNING

Allmänt	11
Ingående enheter	11
Tekniska data	12

KONSTRUKTION

FLYGLÄGESGIVARE

Allmänt	13
Gyrohus	14
Kardan 1	16
Kardan 2	17
Kardan 3	17
Kardan 4	18
Kardan 5	19
Gavel med frontkåpa, kåpa	19
Stativ och bädd	20
Avkännare	20
Pendlar	21
Elgoner	21
Vridmotorer	21

FÖRSTÄRKARE

Allmänt	22
Front	22
Delförstärkare	24
Kursaxelservo	24
Felvarnare	24
Kåpa och stativ	24
Fuktindikering	25

SERVOFÖRSTÄRKARE

Allmänt	26
Förstärkare	26

HORISONTINDIKATOR

Allmänt	28
Stomme	28

KURSINDIKATOR

Allmänt	30
Front med skala	30
Hus	30

MANÖVERLÅDA

Allmänt	32
Panel	32

KURSGIVARE

Allmänt	34
Flödesventil	34
Kardansystem och kåpa	34

VERKNINGSSÄTT

ALLMÄNT	37
FLYGLÄGESGIVARE MED KARDANSERVON	
Allmänt	38
Gyrohus med snurra	39
Tippvinkelservo	40
Avkännare	40
Förstärkare B	42
Servomotorer	44
Analys av tippvinkelservot	46
Rollvinkelservo	48
Förstärkare A	50
Transduktor till förstärkare A	50
Omsvängning	51
FÖRSTÄRKARE MED KURSAXELSERVO	
Allmänt	51

Elgoner	52	Demodulatorenhet	70
Givare	52	Våghållning	70
Jämförare	52	SNABBSTABILISERING	
Komplett elgonsystem	53	Allmänt	71
Resolver	53	Nutation	71
Kursaxelservo	54	Tidrelä och 0-relä	71
Mätuttag	55	Snabbstabilisering	71
Samarbete med styrautomaten	55	Lod	71
Samarbete med siktet	56	Kurs	73
HORISONTINDIKATOR		Våg	73
Allmänt	56	Felvarnare	73
Rollservo	56	Fel i startautomatiken	73
Tippservo	56	KOMPENSERING	
Varningsflaggor	57	Allmänt	74
Korsvisare	57	Lodgyrots utvandring	74
SERVOFÖRSTÄRKARE		Jordrotation	74
Allmänt	58	Förflyttning	75
Nättdel	58	Kursgyrots utvandring	75
Ingångstransformator	58	Jordrotation	75
Förförstärkare	59	Förflyttning	75
Slutsteg	60	Kompenseringsystemets uppbyggnad	76
KURSINDIKATOR		Parallellblandning	76
Allmänt	60	Trimning av vridmotorer	77
Viskös dämpning	61	DEVIERING	
Tröghetsdämpning	62	Allmänt	77
ÖVERVAKNING		Devieringskurva	78
Allmänt	63	Manöverdon	78
Precession	64	Devieringsdon	79
Pendel	64	Upptagning av devieringskurva	79
Vridmotor	65		
Övervakning	66	HANDHAVANDE	
Lod	66	Före start av motor	81
Urkoppling vid acceleration	66	Före utkörning till start	81
Kurs	67	Under flygning	81
Kursgivare	67	Efter landning	81
Förstärkare K	70		

BILDER

1	Ingående enheter	10	31	Blockschema Fli-23	36
2	Placering i flygplanet	12	32	Flyglägesgivare, princip	38
3	Flyglägesgivare	13	33	Hysteresisslinga	39
4	Flyglägesgivare, princip	14	34	Konstruktion av hysteresisvinkel	39
5	Gyrohus, skärning	15	35	Momentkurva	40
6	Kardan 1, skärning	16	36	Hysteresismotor, princip	40
7	Kardan 3, skärning	17	37	Tippkanal	41
8	Kardan 5	18	38	Avkännare och pendel, princip	42
9	Gavel med frontkåpa, kåpa	19	39	Avkännare, symbol	42
10	Stativ och bädd	20	40	Avkännare, karaktäristik	42
11	Avkännare	20	41	Magnetförstärkare, princip	43
12	Pendel, skärning	21	42	Magnetförstärkare, kurvformer	43
13	Vridmotor	21	43	Slutsteg, halvvåg	44
14	Elgon	21	44	Motor, momentkurvor och symbol	44
15	Förstärkare	22	45	Motor, frekvenskurva	45
16	Förstärkare, isärtagen	23	46	Motor, momentkurvor	45
17	Kursaxelservo	24	47	Generator, blockschema och symbol	45
18	Felvarnare, skärning	25	48	Servo, blockschema	46
19	Servoförstärkare	26	49	Blockschema	46
20	Servoförstärkare, kretsschema	27	50	Blockschema	46
21	Förstärkare, isärtagen	27	51	Blockschema	46
22	Horisontindikator	28	52	Blockschema	46
23	Horisontindikator, isärtagen	29	53	Frekvenskurva, öppen krets	47
24	Kursindikator	30	54	Frekvenskurva, slutna krets	48
25	Kursindikator, isärtagen	31	55	Frekvenskurvor, slutna krets	48
26	Manöverlåda	32	56	Stegsvar	48
27	Manöverdon under luckan	32	57	Rollkanal	49
28	Manöverlåda, utan kåpa	33	58	Slutsteg utan förmagnetisering	50
29	Kursgivare	34	59	Slutsteg med förmagnetisering	50
30	Kursgivare, isärtagen	35	60	Transduktorenhet till förstärkare A	51

61	Givare, symbol	52	88	Gyrosnurra	64
62	Givare, statorspänningar	52	89	Pendel, karaktäristik	65
63	Jämförare, symbol	52	90	Pendel, symbol	65
64	Komplett elgonsystem, symbol	53	91	Vridmotor, symbol	65
65	Komplett elgonsystem, utspänning	53	92	Övervakningsförstärkare, slutsteg	66
66	Resolver, symbol	53	93	Övervakning, karaktäristik	67
67	Resolver, statorspänningar	53	94	Övervakning, bortbrytning	67
68	Vinkelsummation med resolverar	54	95	Kursgivare, kretsschema	68
69	Multiplikation med resolverar	54	96	Kursgivare, princip	68
70	Frekvenskurva vid integrering	54	97	Kursgivare i magnetfält	69
71	DDM-enhet, kretsschema	55	98	Kursgivare med jämförare	69
72	DDM-enhet, frekvenskurva	55	99	Kursjämförare, utspänning	69
73	Horisontindikator, kretsschema	57	100	Demodulatorenhet	70
74	Datasystem	58	101	Snabbstabilisering, princip	72
75	Servoförstärkare, kretsschema	59	102	Reläspänningar	72
76	Drivsteg	59	103	Jordrotation	74
77	Drivsteg	59	104	Lodgyrots jordrotationsutvandring	74
78	Slutsteg	60	105	Lodgyrots fartutvandring	75
79	Slutsteg	60	106	Kursgyrots jordrotationsutvandring	75
80	Kursindikator, kretsschema	61	107	Kursgyrots fartutvandring	75
81	Momentgivare	61	108	Parallellblandning	76
82	Momentkurva	61	109	Deviation	77
83	Momentgivare utan integrering	61	110	Deviationens kursberoende	77
84	Blockschema	62	111	Manöverdon för deviering	78
85	Momentgivare med integrering	62	112	Devieringsdon, kretsschema	79
86	Frekvenskurva	62	113	Devieringskurva	79
87	Övervakning och kompensering	63	114	Kvarstående kursfel	79

BILAGOR

Funktionsschema:

- | | | | |
|----|-------------------------|------|---------------|
| 1 | Förstärkare A | 12 | Manöverlåda |
| 2 | Förstärkare B | 13:1 | Förstärkare |
| 3 | Förstärkare C | 13:2 | Förstärkare |
| 4 | Horisontindikator, roll | 14 | Förstärkare A |
| 5 | Horisontindikator, tipp | 15 | Förstärkare B |
| 6 | Kursindikator | 16 | Förstärkare C |
| 7 | Förstärkare K | 17 | Förstärkare K |
| 8 | Förstärkare L1 | 18 | Förstärkare L |
| 9 | Förstärkare L2 | 19 | Förstärkare V |
| 10 | Förstärkare V | | |

Kretsschema:

- 11 Flyglägesgivare

Funktionsschema:

- 20 Kabel III, styrautomat

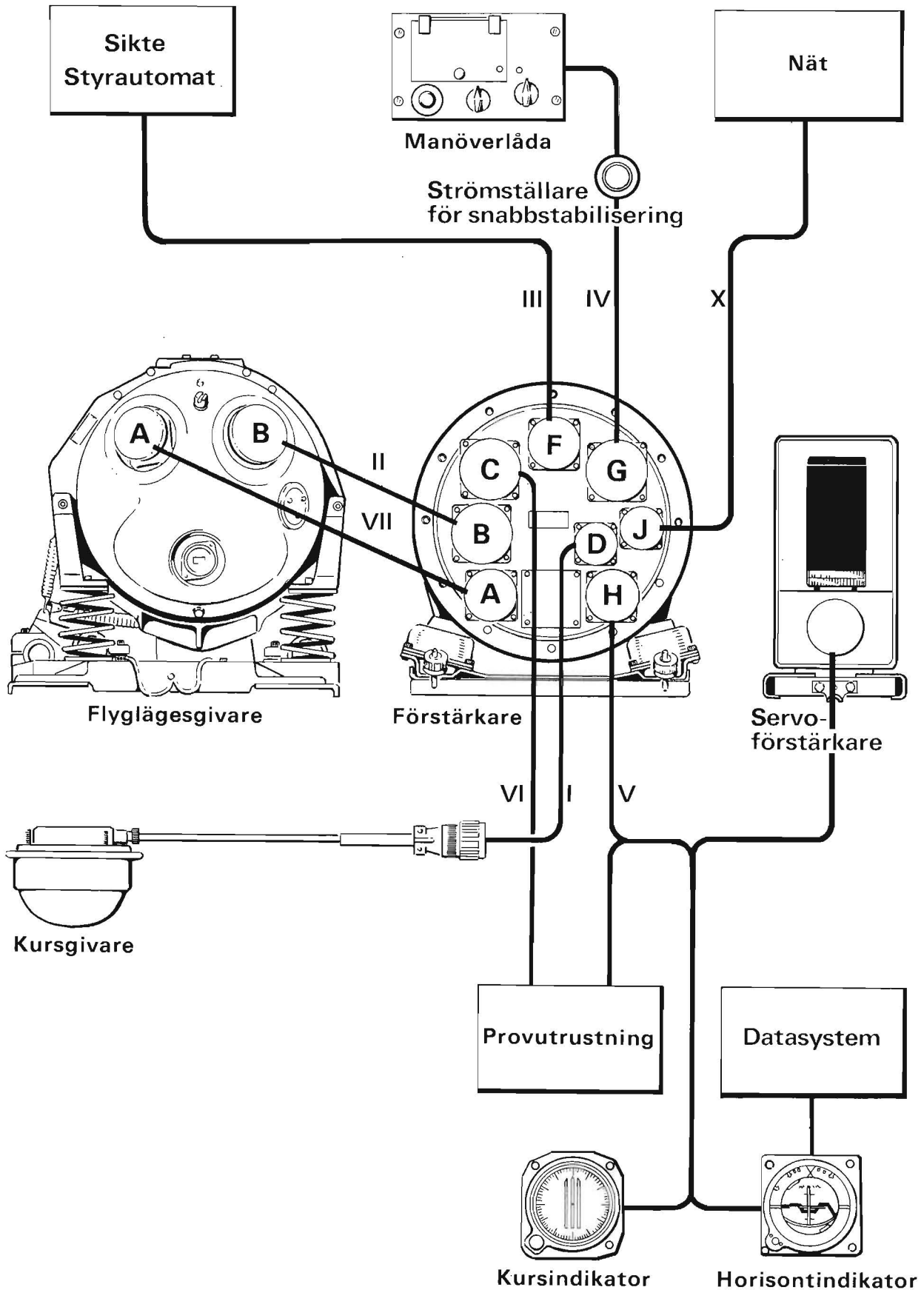


Bild 1. Ingående enheter

INLEDNING

Allmänt

Fli-23 (M3257-023011) är ett flyglägesinstrument. Det ger information om flygplanets läge i förhållande till jordytan dvs flygplanets roll-, tipp- och kursvinklar. Dessa vinklar presenteras för flygföraren på indikatorer och sänds över elektriska lägesgivare till styrautomat och sikte.

Enheterna, se bild 1, är sammankopplade med ett fast kabelnät i flygplanet. Enheternas placering i flygplanet framgår av bild 2.

Ingående enheter

● Flyglägesgivare	M3257-025118
● Bädd	M3257-025168
● Förstärkare	M3257-023010
● Bädd	M3257-025178
● Servoförstärkare	M3257-019118
● Horisontindikator	M3256-019010
● Kursindikator	M3263-019010
● Manöverlåda	M3257-025148
● Kursgivare	M2912-025010

Tekniska data

ÖVERVAKNINGSHASTIGHET

Lod	1,0 °/min
Kurs	0,9 °/min
Våg	3,5 °/min

SNABBSTABILISERINGSKRAFT

Lod	60 °/min
Kurs	180 °/min
Våg	15 °/min

RÖRELSEFRIHET

Obegränsad i roll och kurs. Flyglägesgivaren är obegränsad även i tipp, men horisontindikatorn är här begränsad till $\pm 80^\circ$.

MAXIMALA VINKELHASTIGETER

Roll	300 °/s
Tipp	25 °/s
Kurs	300 °/s

MATNING

3×200 V	400 Hz
3×45 V	400 Hz
29 V	likspänning

SKENBAR EFFEKT

Nörmal drift	450 VA
Start	550 VA

EFFEKTBEHOV OCH VIKT

Enhet	W	kg
Flyglägesgivare med bädd	80	27,5
Förstärkare med bädd	65	13,0
Servoförstärkare	35	2,6
Horisontindikator	15	1,5
Kursindikator	1	0,8
Manöverlåda	6	1,5
Kursgivare	1	1,2

Totalt 203 48,1

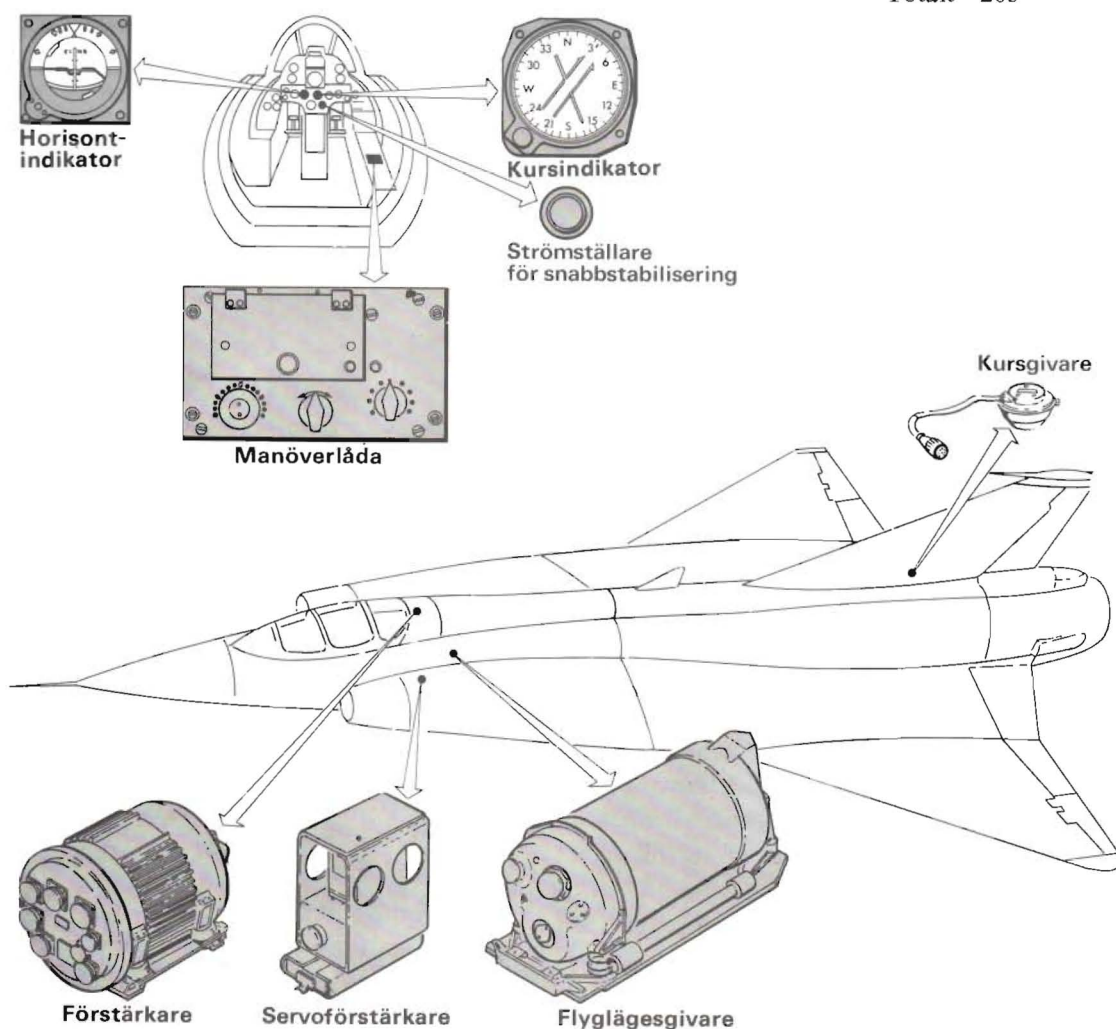


Bild 2. Placering i flygplanet

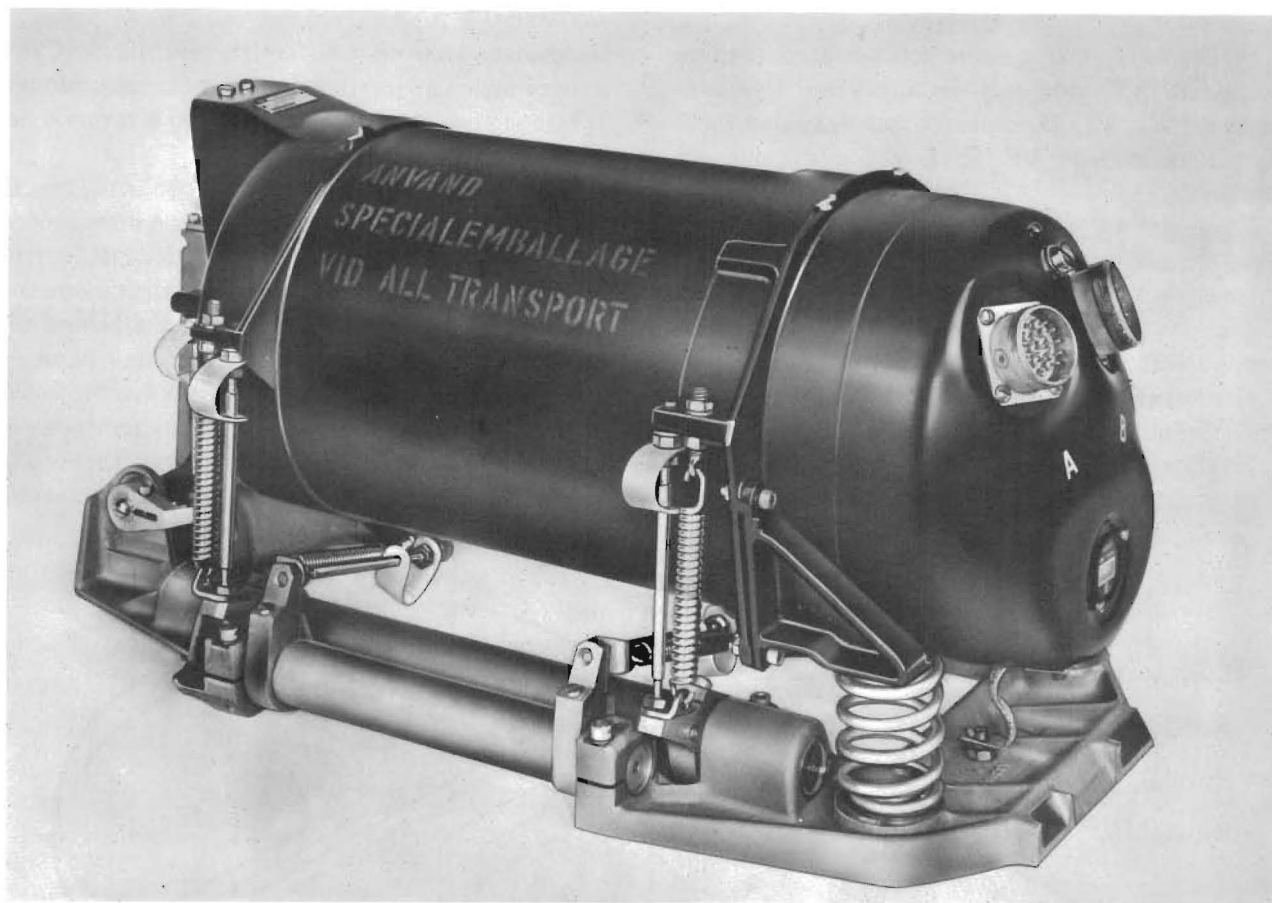


Bild 3. Flyglägesgivare

KONSTRUKTION

Flyglägesgivare

ALLMÄNT

Flyglägesgivaren består av två gyron, lodgyrot och kursgyrot, som är lagrade i servodrivna kardaner. För drivning av de yttre kardanerna finns två servomotorer och för lägesinformationen i roll, tipp och kurs finns tre elgoner, se bild 4.

Lodgyrots rotor roterar i ett gyrohus. Detta är lagrat i kardan 1 och har en rörelsefrihet av $\pm 30^\circ$. Kardan 1 är sedan lagrad i kardan 3 och har en rörelsefrihet av $\pm 30^\circ$. För lodsökning finns två pendlar.

Kursgyrots rotor roterar i ett gyrohus som är lagrat i kardan 2 och har en rörelsefrihet av $\pm 30^\circ$. Kardan 2 är sedan lagrad i kardan 4 med rörelsefrihet varvet runt. Lod- och kursgyrots gyrohus är lika utförda.

Kardan 3 och 4 som drivs av en servomotor är lagrade i kardan 5. Kardan 5 drivs av en servomotor och är lagrad i flyglägesgivarens kåpa och gavel.

Mellan lodgyrots gyrohus och kardan 1 finns en avkännare AT som över ett servo driver servomotorn för kardan 3 och 4. Mellan kardan 1 och 3 finns en avkännare AR som över ett servo driver servomotorn för kardan 5. Av de två pendlarna på kardan 3 styr den ena, pendel roll PR, över en förstärkare vridmotorn i roll VR, placerad mellan lodgyrots gyrohus och kardan 1. Den andra, pendel tipp PT, styr över en förstärkare vridmotorn i tipp VT, placerad mellan kardan 1 och kardan 3.

Mellan kursgyrots gyrohus och kardan 2 finns en avkännare AV, som över en förstärkare styr vridmotorn i våg, VV. Denna sitter mellan kardan 2 och 4. Vridmotor kurs VK sitter mellan gyrohus och kardan 2.

Elgon roll ER sitter mellan kardan 5 och kåpan. Från den erhålls rollvinkeln. Mellan kardan 3 och 5 sitter elgon tipp ET. Från denna erhålls tippvinkeln. Elgon kurs EK sitter mellan kardan 2 och 4. Från denna erhålls kursvinkeln.

Gyrohusen är fyllda med vätgas och flyglägesgivaren i övrigt med helium och koldioxid.

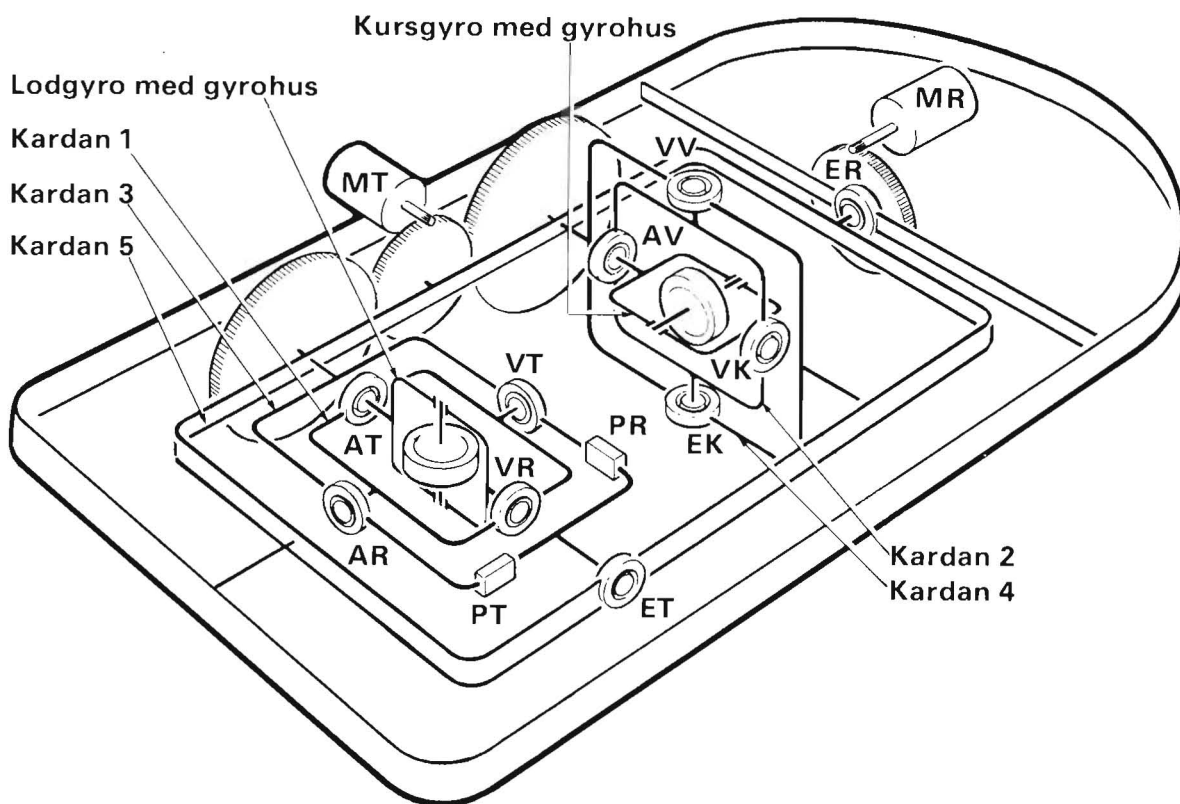
Flyglägesgivaren har ett stativ med parallellstyrning. Stativet sitter i en fast bädd i flygplanets apparatrum.

GYROHUS

Gyrohusets konstruktion framgår av bild 5. Gyro-snurran utgörs av rotorn i en hysteresismotor. Motorn är fyrpolig och drivs av 3×200 V, 400 Hz, varvid det synkrona varvtalet blir 12000 r/min.

Rotorn består av en stålring. I ringen är två lamellpaket (magnetringar) inneslutna i var sin kopparhylsa. Dessa magnetringar sluter det magnetiska flödet från de två statorerna och ger det erforderliga momentet för rotationen. Rotorn är lagrad på en axel med två kullager. Axeln har en ansats på ena sidan, mot vilken det ena lagrets innerring vilar. De två lagrens innerringar är skilda av ett distansrör. Från andra sidan är en mutter gängad mot det andra lagrets innerring.

Rotorns nav är fixerat till lagrens ytterringar, varvid



AR = Avkännare för lodgyrot i rolled
 AT = Avkännare för lodgyrot i tippled
 AV = Avkännare för kursgyrots våghållning
 ER = Elgon i rolled
 ET = Elgon i tippled
 EK = Elgon i kurs
 VR = Vridmotor i rolled

VT = Vridmotor i tippled
 VK = Vridmotor i kurs
 MR = Motor för lod- och kursgyrot i rolled
 MT = Motor för lod- och kursgyrot i tippled
 VV = Vridmotor för kursgyrots våghållning
 PR = Pendel i rolled
 PT = Pendel i tippled

Bild 4. Flyglägesgivare, princip

den fläns som skiljer de båda ytterringarna har något större bredd än distansröret mellan innerringarna. Härigenom erhålls en förspänning på lagren. Rotorn är dynamiskt balanserad genom borrar i stålringen. Halva rotorperiferin är sandblästrad till en grå yta, för att den med hjälp av en lampa och fotocell skall ge referenspulser till balanseringsapparaten.

Gyrohuset är utfört i två delar av pressad stålplåt, lock och hus. I vardera är en stator till hysteresismotorn limmad. Statorn består av ett lamellpaket med 24 spår, i vilka en trefaslindning lagts. Statorn är ingjuten i epoxyharts. Statorernas ledningar är lödda till genomföringar i huset. Gyrohusets båda delar är sammanlödda så att huset blir hermetiskt tillslutet. Rotoraxeln fixeras axiellt i huset till rätt läge genom att man lägger in lämpliga mellanlägsbrickor på båda sidorna. Gyrohuset är fyllt med vätgas. Härigenom minskas friktionen och värmetransporten till väggarna underlättas.

På gyrohuset sitter en avkännarroter och en vridmotorrotor. I centrum på dessa finns två axeltappar för lagringen i kardan 1 respektive 2. På gyrohuset finns två stopplackar som går mot ett elastiskt stopp i motsvarande kardan.

- Balansering av gyrohuset kan ske genom att man
- med mellanlägsbrickor förskjuter rotoraxeln i förhållande till huset
 - fäster balanseringsbrickor i locken över rotoraxelns ändar och på en skruv på gyrohuset.
 - förskjuter balanseringsskruvarna på gyrohuset

De tre matningsledningarna till gyromotorn tas ut genom två kontaktfästen vid sidan om gyrohusets axeltappar.

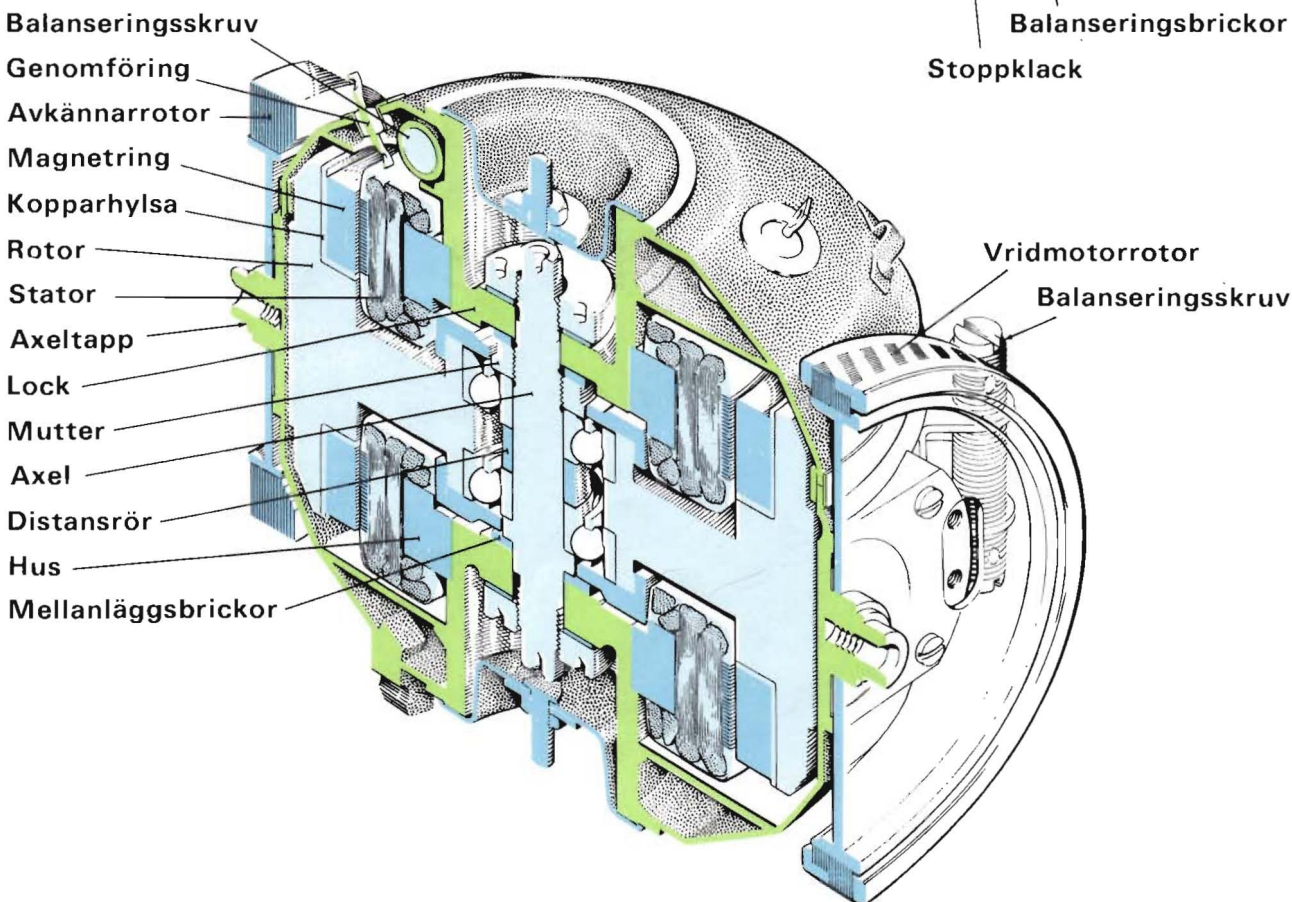
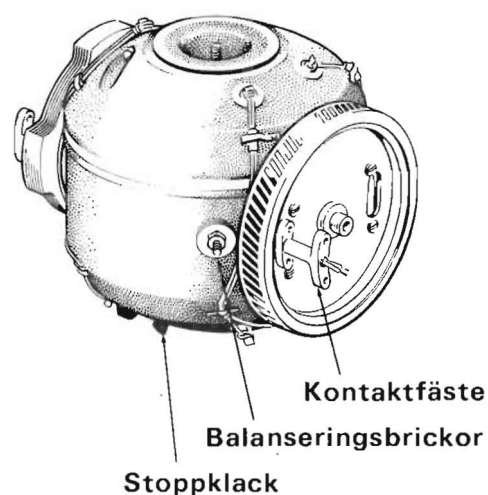


Bild 5. Gyrohus, skärning

KARDAN 1

I kardan 1 är gyrohuset lagrat, se bild 6. Kardan 1 är utförd som en cylindrisk behållare av pressad stålplåt med ett lock. I cylinderns väggar är lätthål upptagna. Gyrohuset är lagrat i botten och locket. I locket sitter statorn till avkännare tipp och i botten statorn till vridmotor roll. Avkännarstatorn är vridbar för nollställning. Motsvarande rotor sitter på gyrohuset.

På gyrohusets axeltappar sitter kullager vars innerringar är fastdragna mot en ansats med en lagertapp. I botten är ytterringen inspänd mellan en bricka och en låsmutter, gängad i kardan 1. På locksidan ligger en fjäderbricka mellan lagrets yttering och anslagsbrickan. Härigenom kan ytterringen och gyrohuset förskjutas axiellt. Justering av kullagerglappet sker genom val av brickor under låsmuttern.

På lagertappen sitter ett sfäriskt slipat hårdmetallstycke som ligger an mot en safir, nedsänkt i en lagerplatta. Härigenom begränsas gyrohusets rörelse i kullagerglappet. Glappet mellan lagerplattan och tappen justeras med brickor mellan lagerplattan och låsmuttern. Lagerplattorna pressas mot mellanläggsbrickorna med två par tunna brickor (tallriksfjädring), låsta av en

ring gängad i låsmuttern. Härigenom skyddas safirerna vid axiella accelerationer.

På sidan av kardan 1 sitter en anslagsfjäder som går in i en slits i väggen. Vid $\pm 30^\circ$ utvridning av gyrohuset går stopplackarna på huset mot fjädern. Vid en kraftig stöt går anslagsfjäders mot kardanens vägg, varvid en ökning i fjäderkonstanten erhålls.

Ledningarna till gyrohuset löper genom kontaktfästen, vilka går ut i slitsar genom lock och botten i kardan 1. På dessa kontaktfästen sitter kontaktenheter, i vilka strömmen överförs till kardan 1 genom orofjädrar. För lagringen av kardan 1 i kardan 3 finns två axeltappar vinkelrätt mot gyrohusets lagringsaxel. Här sitter även rotor till avkännare roll respektive vridmotor tipp.

Ledningarna till kardan 1 löper genom kontaktfästen vid sidan av axeltapparna. På kardan 1 sitter två stopplackar som begränsar rörelsen i förhållande till kardan 3 till $\pm 30^\circ$.

Kardan 1 grovbalanseras med hjälp av brickor på kardanens utsida. Finbalansering sker med gängade balanseringskruvar i två plan.

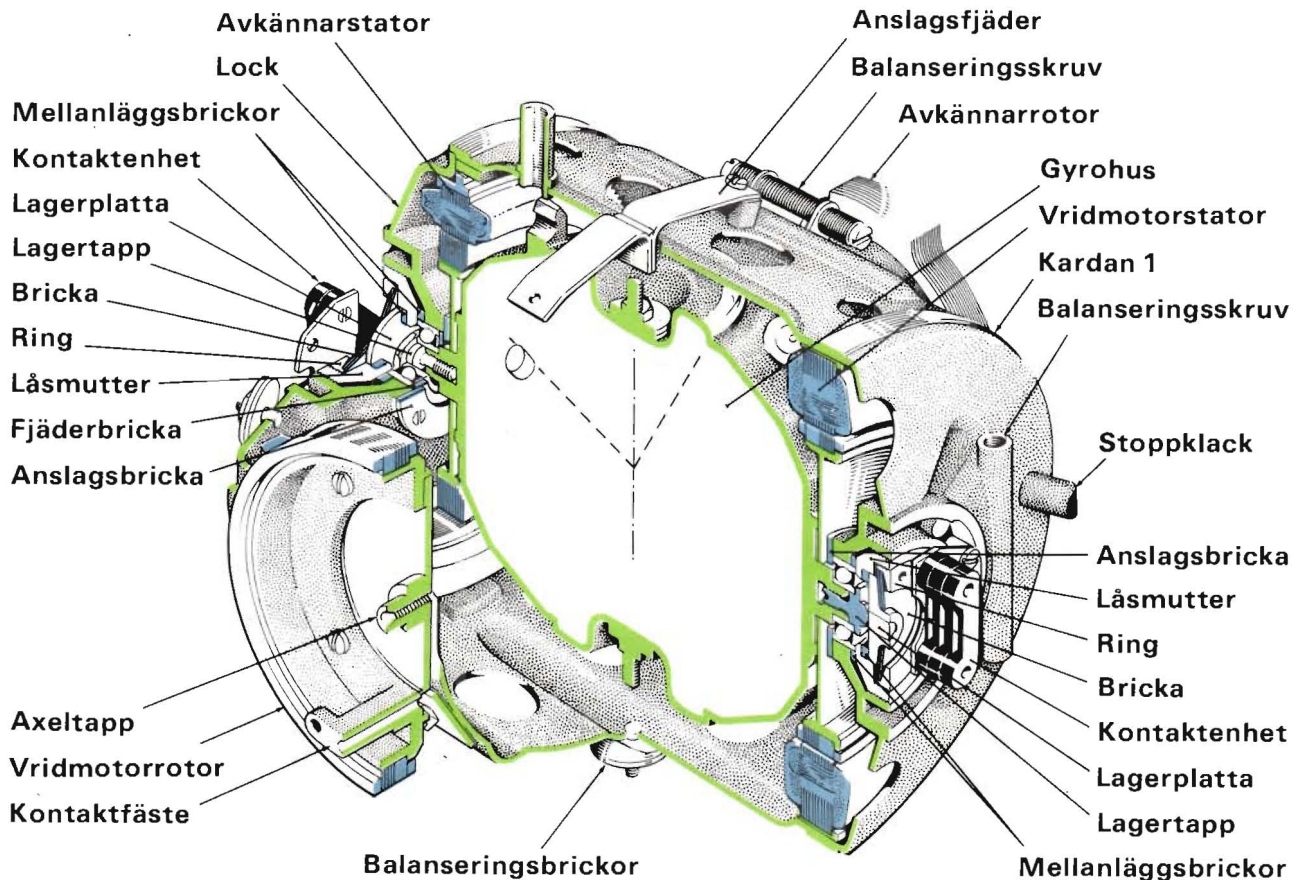


Bild 6. Kardan 1, skärning

KARDAN 2

Kardan 2 överensstämmer med kardan 1 beträffande lagringen av gyrohuset. För lagringen av kardan 2 i kardan 4 finns två axeltappar vinkelrätt mot gyrohusets lagringsaxel. Koncentriskt med axeltapparna sitter rotorer till vridmotor våg samt elgon kurs. Eftersom kardan 2 skall ha full frihet varvet runt saknas stoppklackar. Strömmen överförs till kardan 4 genom en släpringsaxel på vridmotorsidan.

KARDAN 3

I kardan 3 sitter kardan 1. Kardan 3 är monterad i kardan 5 på så sätt, att lagringsaxeln till kardan 1 blir horisontal.

Kardan 3 har sfärisk form och är utförd i två delar av pressad stålplåt, se bild 7. I kardan 3 finns lätthål upptagna. Dessa underlättar cirkulationen av helium, gör balanseringskruvarna på kardan 1 åtkomliga och minskar vikten.

Kardan 1 är lagrad i botten och locket, där även

statorer till avkännare roll och vridmotor tipp är placerade. Avkännarstatorn, som sitter i botten, är vridbar för nollställning. Motsvarande rotorer sitter på kardan 1. Lagringen av kardan 1 är utförd på i princip samma sätt som lagringen av gyrohuset.

På insidan av kardan 3 sitter två anslagsfjädrar som begränsar rörelsen hos kardan 1 till $\pm 30^\circ$. Ledningarna till kardan 1 går över kontaktenheter med orfjädrar på samma sätt som mellan kardan 1 och gyrohuset. För lagringen av kardan 3 i kardan 5 finns två axeltappar vinkelrätt mot lagringsaxeln för kardan 1. På båda axeltapparna sitter släpringsaxlar. Koncentriskt med den ena tappen sitter ett kuggghjul för servostyrningen, runt den andra tappen sitter rotorn till elgon tipp.

På kardan 3 är två pendlar fastsatta med klämmor, som går in i spår i pendelhuset. Detta kan därför vridas vid nollställning. Pendlarna matas från en transformator på kardan 3.

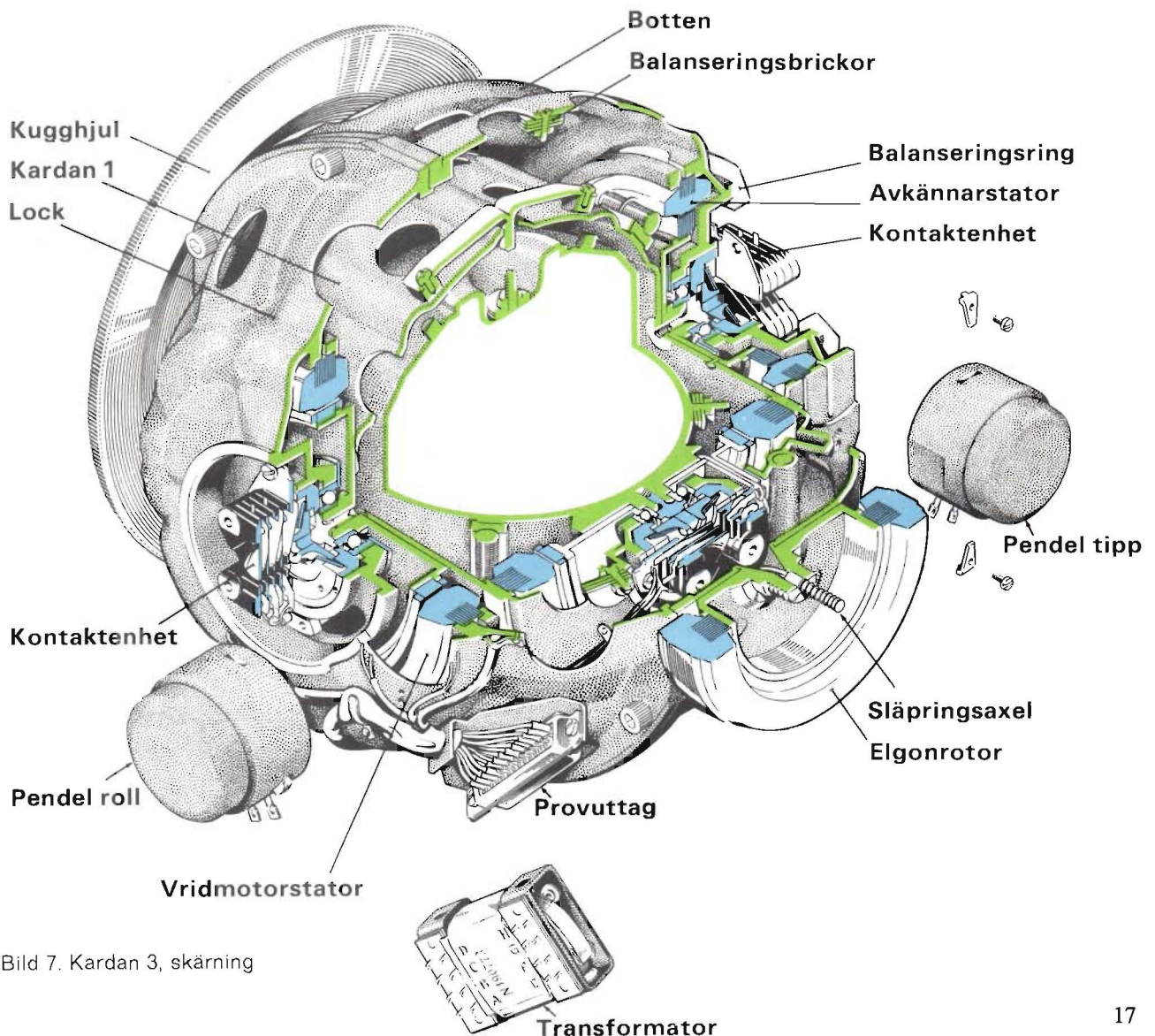


Bild 7. Kardan 3, skärning

KARDAN 4

I kardan 4 sitter kardan 2. Kardan 4 är monterad i kardan 5 på så sätt, att lagringsaxeln till kardan 2 blir vertikal.

Kardan 4 är utförd på samma sätt som kardan 3. Kardan 2 är lagrad i botten och locket på kardan 4, där även statorer till elgon kurs och vridmotor våg är placerade. Elgonstatorn, som sitter i botten, är vridbar för nollställning. Motsvarande rotor sitter på

kardan 2. Lagringen i botten, på vilken kardan 2 vilar, är utförd på samma sätt som mellan gyrohus och motsvarande kardan 1 eller 2. I motsats till kardan 3 saknar lagringen på locksidan safir och lagerplatta. Lagret fixeras med en spårning. All glappjustering görs således vid undre lagringen.

Kardan 2 skall ha frihet varvet runt varför anslagsfjädrar saknas. Ledningarna till kardan 2 går över

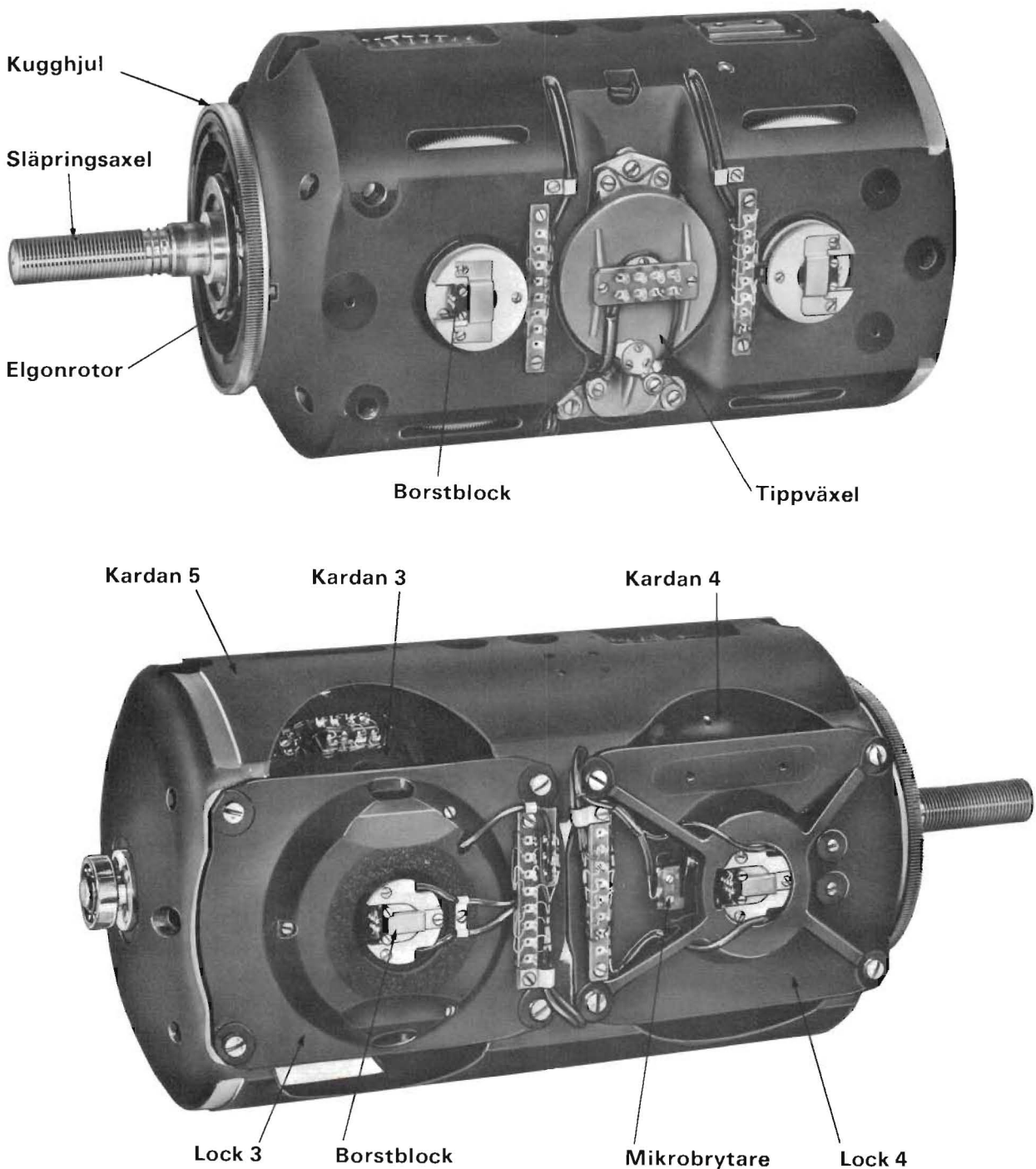


Bild 8. Kardan 5

släppringar och borstar på locksidan. Borstarna sitter på en brygga som kan förskjutas i sidled vid monteringen. Lagringen av kardan 4 i kardan 5 överensstämmer med motsvarande lagring av kardan 3.

KARDAN 5

Kardan 5 är rollkardanen i flyglägesgivaren. Den är utformad som en låda med två lock och gjuten av en aluminiumlegering, se bild 8.

Kardan 3 och 4 är lagrade dels i ena långsidan, dels i respektive lock. Här har man inga krav på låg friktion varför kraftiga lager har använts. I locket där kardan 3 är lagrad sitter statorn till elgon tipp. I locket för kardan 4 finns en mikrobrytare som påverkas av en kamskiva på kardanen. Vid en tippvinkel av $\pm 95^\circ$ påverkas brytarmen av kamskivan, varvid en signal erhålls som startar omsvängningen av kardan 5.

På motsatt sida av kardan 5 sitter en tippväxel med motor. Motorn driver kardan 3 och 4 med utväxling 482:1. Vid vardera av de fyra lagringarna till kardanerna sitter borstblock, vilka leder strömmarna till kardanernas släpplingsaxlar.

Kardan 5 är baktill lagrad direkt i gyrokåpan och framtill, dvs i flygriktningen, i en gavel. Där sitter även rotorn till elgon roll, en släpplingsaxel och ett kugghjul.

GAVEL MED FRONTKÅPA, KÅPA

Kardan 5 är i flygriktningen lagrad i en gavel. På gaveln sitter rollmotorn som genom en växel 129:1 driver kardan 5 med det stora kugghjulet. Glappet i rollväxeln reduceras genom att drevet består av två hjul, varav det ena är rörligt på navet. Hjulen är fixerade till varandra med en förspänd fjäder. För matning av rollmotorns generator finns en transformator på gaveln, se bild 9.

På gaveln sitter tre mikrobrytare vilka påverkas av kamskivor på kardan 5. Två av dessa mikrobrytare ingår tillsammans med en transformator i den elektriska krets som vid 95° tippvinkel hjälper kardan 5 med omsvängningen. Den tredje mikrobrytaren påverkas vid rollvinkel 0° . Denna mikrobrytare används inte i Fli-23. På gaveln sitter även statorn till elgon roll samt ett antal kondensatorer och motstånd, vilka används för avstämning och trimning av vridmotorerna.

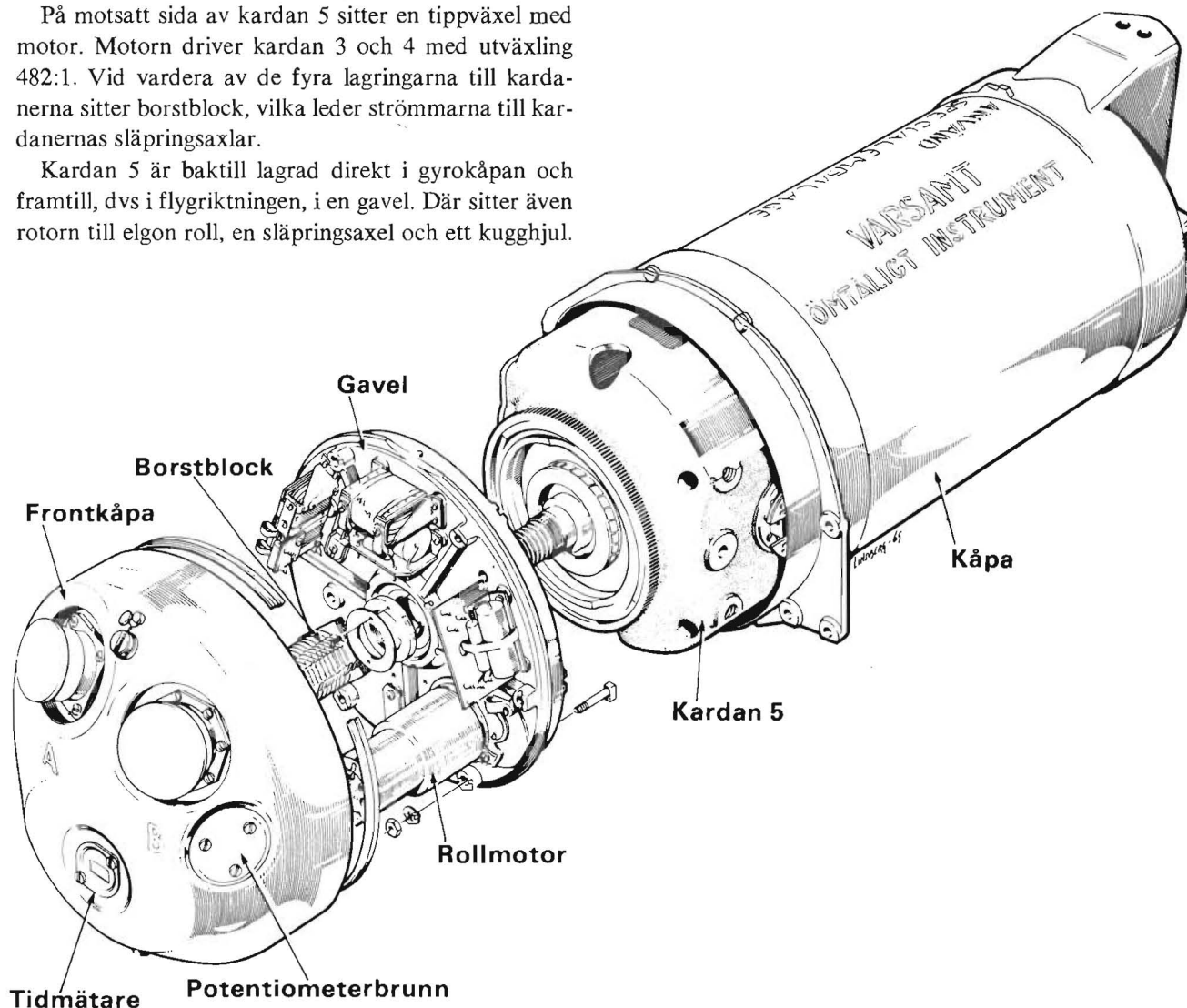


Bild 9. Gavel med frontkåpa, kåpa

Spänningarna till kardan 5 överförs med en borsthållare på gaveln. Ledningarna till borstarna kommer från två kontaktbrunnar i frontkåpan. I botten på dessa kontaktbrunnar finns genomföringar, en för varje ledning. På frontkåpans utsida sitter två stifttag med vilka flyglägesgivaren ansluts till flygplanets kabelnät samt en tidmätare och trimpotentiometrar. Frontkåpan är sammanlodd med gyrokåpan, och flyglägesgivaren är fylld med 95 % helium och 5 % koldioxid.

STATIV OCH BÄDD

Flyglägesgivaren med kåpa är fäst i ett stativ som isolerar flyglägesgivaren från accelerationer och vibrationer i flygplanet. Flyglägesgivaren är fjädrande upphängd i tre punkter, två framåt i flygriktningen och en bak, se bild 10. Vinkelfel vid accelerationer förhindras av att stativet är utförd med parallellstyrning i roll, tipp och kurs. Parallellstyrningen är i princip utförd på samma sätt i alla tre riktningarna. I parallellstyrningen i roll ingår en axel lagrad i stativet tvärs flygriktningen. I vardera änden finns en hävarm. Mellan dessa hävarmar och kåpan går två stödpinnar som förhindrar vinkelvridning i roll.

Stativet sitter i en bädd som är fastskruvad i flygplanet. Stativet är fixerat till bädden med två kilar.

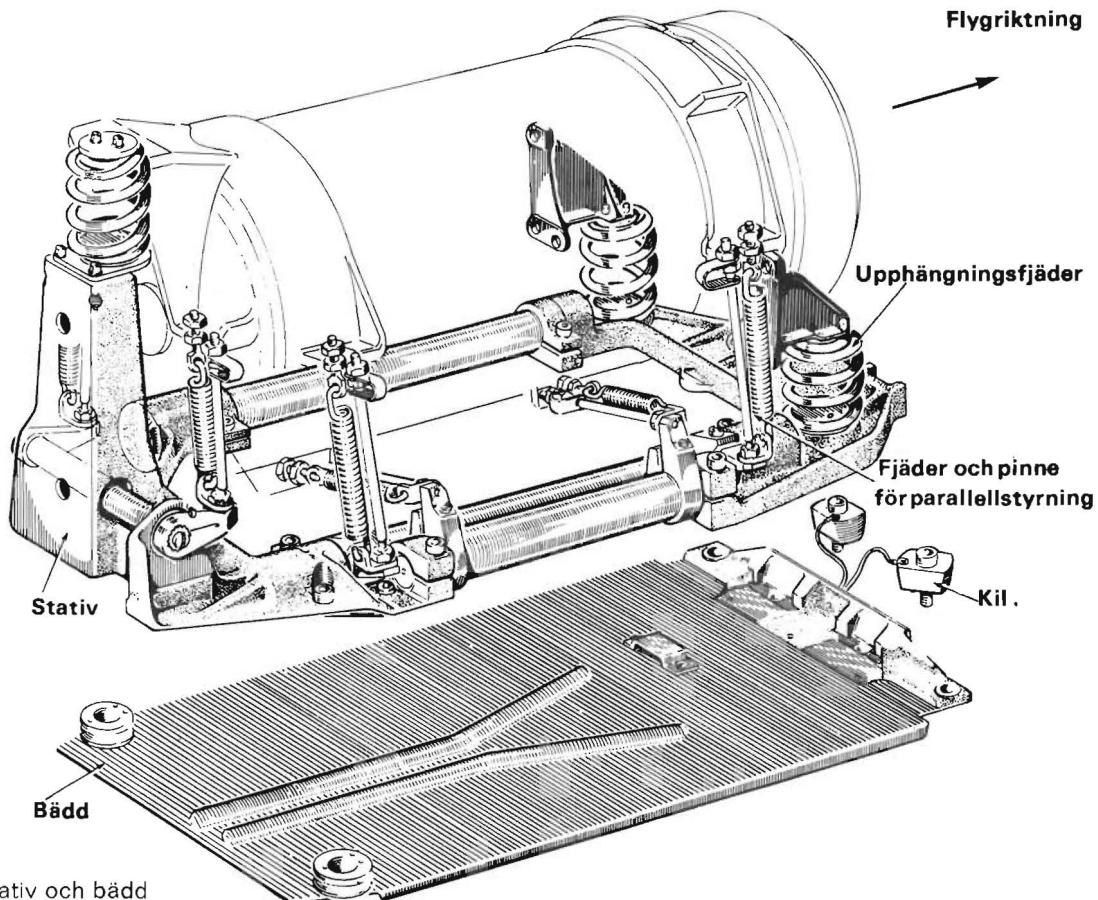


Bild 10. Stativ och bädd

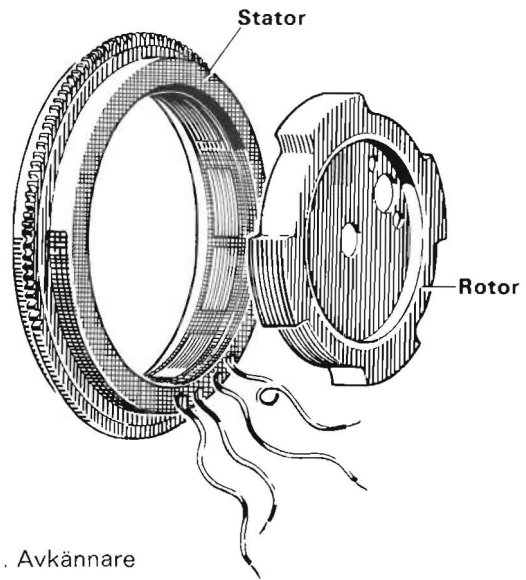


Bild 11. Avkännare

AVKÄNNARE

Avkännaren används som signalgivare till flyglägesgivarens kardanservon och till kursgyrots våghållning. Avkännaren lämnar härvid en spänning som är proportionell mot rotorns utvidring från nollläget.

Avkännarens utseende framgår av bild 11. Statorn består av ett lamellpaket med två lindningar, en primärlindning i de stora spåren och en sekundärlindning

i de små spår. Statorn är ingjuten i epoxyharts och uttagen är lödda till bleck på statorn. Rotorn består av ett fyrpoligt lamellpaket och saknar lindning. Luftgapet är ökat mot polens kanter för att man skall få rätt flödesfördelning i luftgapet och lågt stormoment.

PENDLAR

I flyglägesgivaren sitter två pendlar på kardan 3. Pendlarna används som lodreferens och ger en spänning som är proportionell mot kardanens avvikelser från det skenbara horisontalplanet.

Statorn och rotorn är i princip utförda på samma sätt som hos avkännaren. Statorn är fastlimmad i pendelhuset och ledningarna är lödda till genomföringar. Rotorn har en pendelvikt och är lagrad i huset. Pendelhuset är tillslutet med ett membran och fyllt med olja vilken ger pendeln erforderlig dämpning. Pendelns utseende framgår av bild 12.

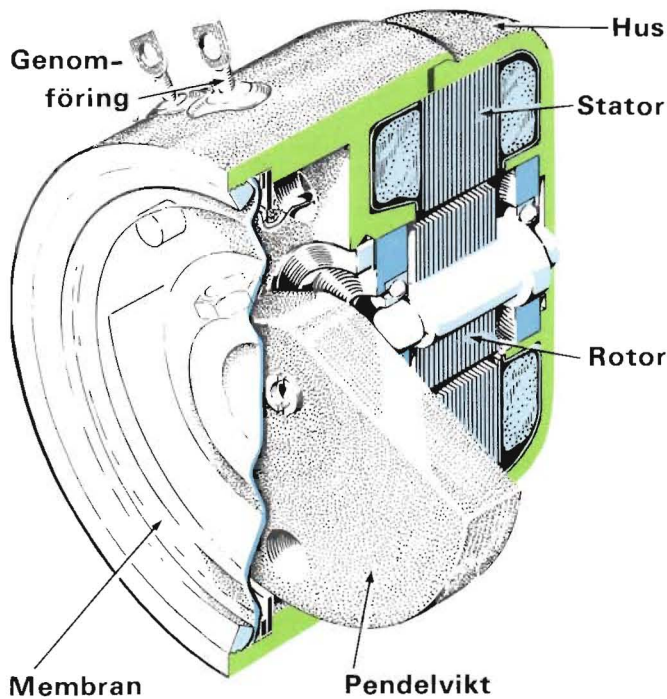


Bild 12. Pendel, skärning

ELGONER

I flyglägesgivaren finns tre elgoner, vilka används som signalgivare. Elgonens utseende framgår av bild 14. Statorn består av ett lamellpaket med tre lindningar, vilka elektriskt sett är förskjutna 120° i förhållande till varandra. Lindningarna är förlagda i spår. Statorn är ingjuten i epoxyharts och uttagen är lödda till bleck på statorn. Rotorn består av ett lamellpaket med en lindning förlagd i spår. Även rotorn är ingjuten i epoxyharts och uttagen är lödda till bleck på rotorn.

VRIDMOTORER

I flyglägesgivaren finns fyra vridmotorer, två för lodgyrot och två för kursgyrot. Vridmotorerna matas med spänning från kompenserings- och övervakningssystemet och ger erforderliga moment på gyrona.

Vridmotorns utseende framgår av bild 13. Statorn består av ett lamellpaket med två lindningar, en referenslindning och en styrlindning, förlagda i spår. Lindningarna är elektriskt sett förskjutna 90° i förhållande till varandra. Statorn är ingjuten i epoxyharts och uttagen är lödda till bleck på statorn. Rotorn har en burlindning.

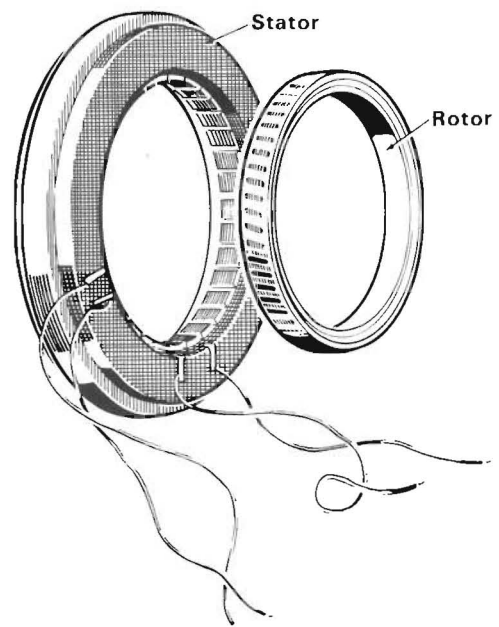


Bild 13. Vridmotor

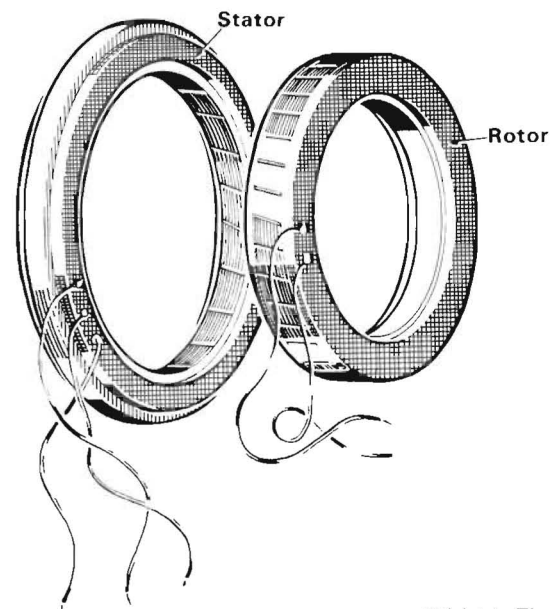


Bild 14. Elgon

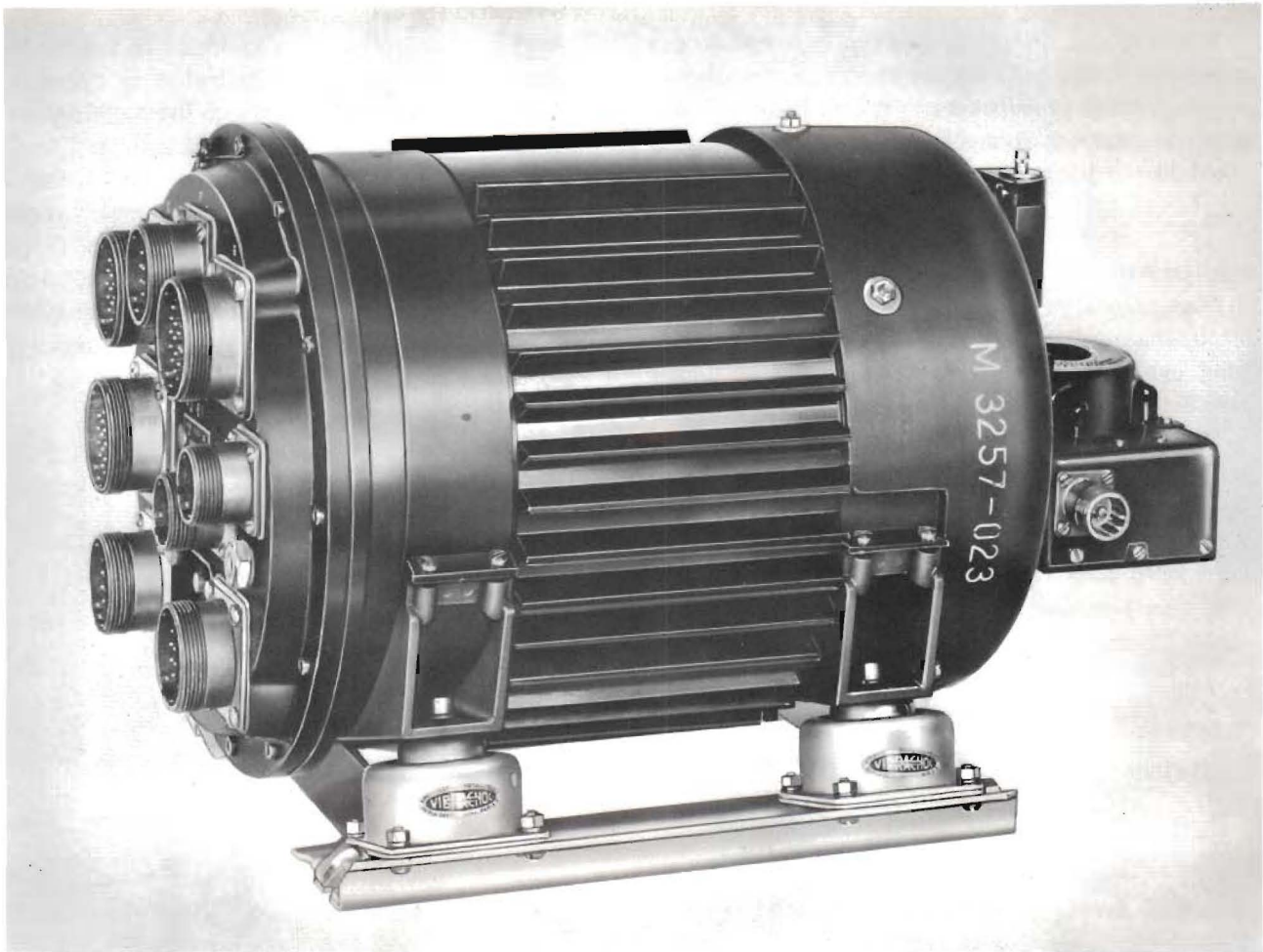


Bild 15. Förstärkare

Förstärkare

ALLMÄNT

Förstärkaren innehåller ett kopierservo i kurs, kursaxelservot. Förstärkaren innehåller även delförstärkare:

- A för flyglägesgivarens kardanservo i roll
- B för flyglägesgivarens kardanservo i tipp
- C för kursaxelservot
- L1 för rollövervakningen
- L2 för tippövervakningen
- K för kursövervakningen
- V för våghållningen

En komplett förstärkare visas på bild 15.

FRONT

Fronten till förstärkaren består av en panel, gjuten av en magnesiumlegering. På panelen sitter åtta stifttag med vilka förstärkaren ansluts till flygplanets kabelnät. En kabeltrumma sitter fastskruvad på panelens insida. Kabeltrumman är gjuten av en aluminiumlegering. Ett hål är upptaget på ena sidan och täckt av ett lock. I kabeltrumman och locket finns hylstag för delförstärkarna. Ledningarna till dessa hylstag löper i kabeltrumman fram till stifttagen på panelen. Överst på kabeltrumman sitter en felvarnare, se bild 16.

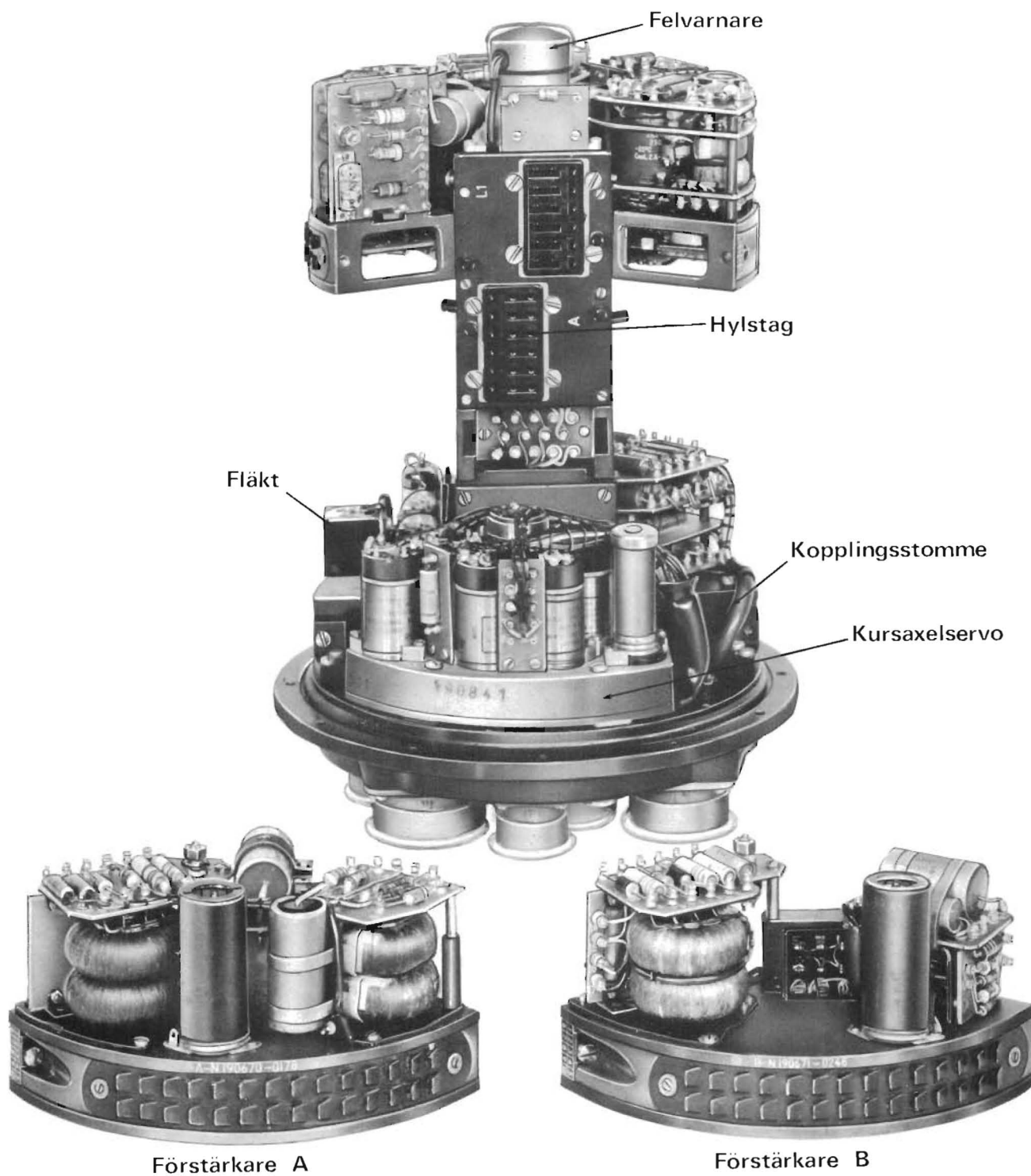


Bild 16. Förstärkare, isärtagen

DELFÖRSTÄRKARE

I förstärkaren finns tre typer av servoförstärkare, förstärkare A, B och C, se bild 16. Dessa är utförda som insticksenheter på stommar, utformade som 120°-sektorer. Stommarna bär upp rör, plintar och underenheter. På stommarna sitter stifttag för anslutning till kabeltrumman, och längst ut mot kåpan finns ett kylband. Under kylbandet sitter en potentiometer för förstärkningsreglering. Kabeltrumman har styrcylindrar, vilka passar i hål i förstärkarstommen, varigenom förstärkarna inte kan förväxlas.

Underenheterna på stommen är: nätenhet, transduktorenhet samt i förstärkare C dessutom en s k DDM-enhet. Underenheterna löds in.

Nätenheten består av en transformator och plintar med motstånd, likriktare och kondensatorer.

Transduktorenheten består av två ringkärnor med lindningar impregnerade med epoxyharts samt plintar med elektriska komponenter. Under enheten sitter en utgångstransformator. På översidan av transduktorenheten sitter en potentiometer för balansering av förstärkaren.

DDM-enheten i förstärkare C har tryckta kretsar, ingångstransformator och referenstransformator.

I förstärkaren sitter även övervakningsförstärkarna K, L och V. Förstärkarna K och L är uppbyggda på stommar utformade som 120°-sektorer, se bild 16. Båda förstärkartyperna har en nätenhet och en reläenhet. Dessutom har förstärkare L en urkopplingsenhet och förstärkare K en demodulatorenhet.

Reläenheten består av tre plintar, skilda åt av distansrör. På plintarna sitter tre reläer och ett antal elektriska komponenter. Två av reläerna drivs av magnetförstärkare, i vilka ingår ringkärnor med lindningar, impregnerade med epoxyharts. På reläenheten finns en potentiometer för balansering av förstärkaren.

Nätenheten består av två transformatorer samt plintar med elektriska komponenter. Urkopplings- och demodulatorenheterna har båda tryckta plintar.

Förstärkare V är uppbyggd på en stomme, utformad som en 90°-sektor. Förstärkaren är en rörförstärkare som saknar underenheter. På stommen sitter ett tidrelä och en fläkt.

KURSAXELSERVO

På panelens insida sitter kursaxelservot, se bild 17. Servot består av en basplatta, gjuten av en aluminiumlegering och ett lock. På basplattan är elgoner, en resolver och en servomotor placerade. Mellan basplattan och locket ligger växlarna. Elgonerna och resolvern drivs av ett centrumhjul. Detta drivs av servomotorn över en växel 100:1. För att förhindra kuggglapp har elgonerna och resolvern försetts med två kugghjul på

axeln. Det inre hjulet är stiftat medan det yttre är rörligt och kopplat till det inre hjulet med en förspänd fjäder. Elgonerna, resolvern och motorn är av standardutförande, storlek 11. De är fixerade till basplattan med låsklackar. Bredvid servot sitter en kopplingsstomme som har fyra plintar med elektriska komponenter. Plintarna skiljs åt av distansrör. O-relät, som ingår i startautomatiken, sitter mellan servot och kopplingsstommen.

FELVARNARE

Felvarnaren består av en trefasmotor som genomflyts av strömmen till flyglägesgivaren, se bild 18. Statorn har en trefasledning förlagd i spår och är ingjuten i epoxyharts. Rotorn har en kortsluten burlindning. Motmomentet erhålls från en orofjäder med vridbart fäste. Rotoraxeln har ett bleck som gör kontakt med borstarna när normal ström flyter i felvarnarstatorn. Manöverströmmen passerar då genom orofjädern över blecket till borstarna.

KÅPA OCH STATIV

Förstärkaren är täckt med en kåpa som tätar mot fronten med en gummiring. Kåpan har kylflänsar och baktill finns en fläkt som är ansluten med ett stifttag. Kåpan sitter i en ram med fyra stötdämpare. Ramen är fixerad med styrcylindrar och överfallsmuttrar till en bädd som är fastskruvad i flygplanet.

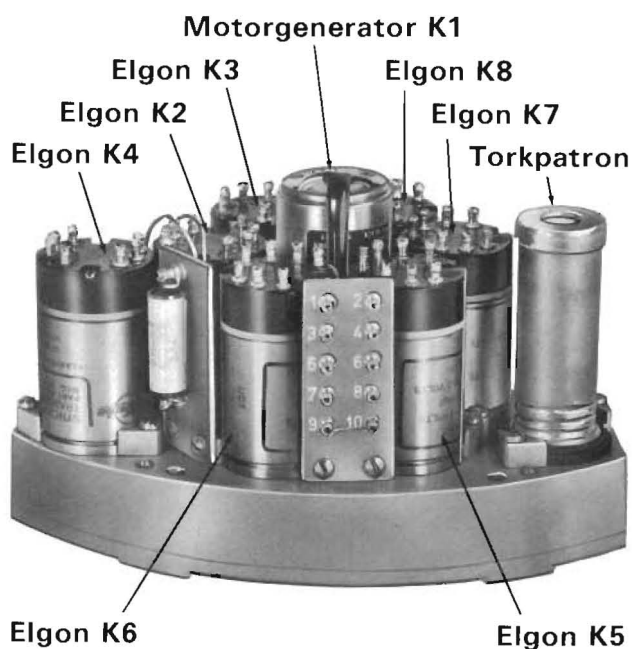


Bild 17. Kursaxelservo

FUKTINDIKERING

På kursaxelservots stomme finns en torkpatron som innehåller silikagel. På panelen sitter en fuktindikator, där man kan se silikagelets färg genom ett fönster. Normalt är färgen blå. Vid onormalt hög luftfuktighet blir den rosa.

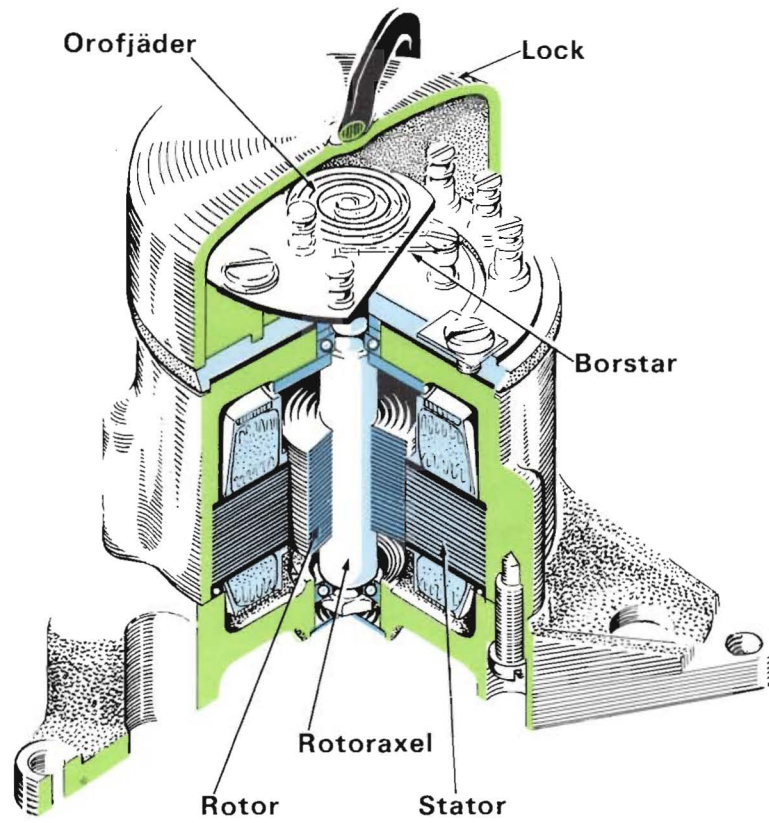


Bild 18. Felvarnare, skärning

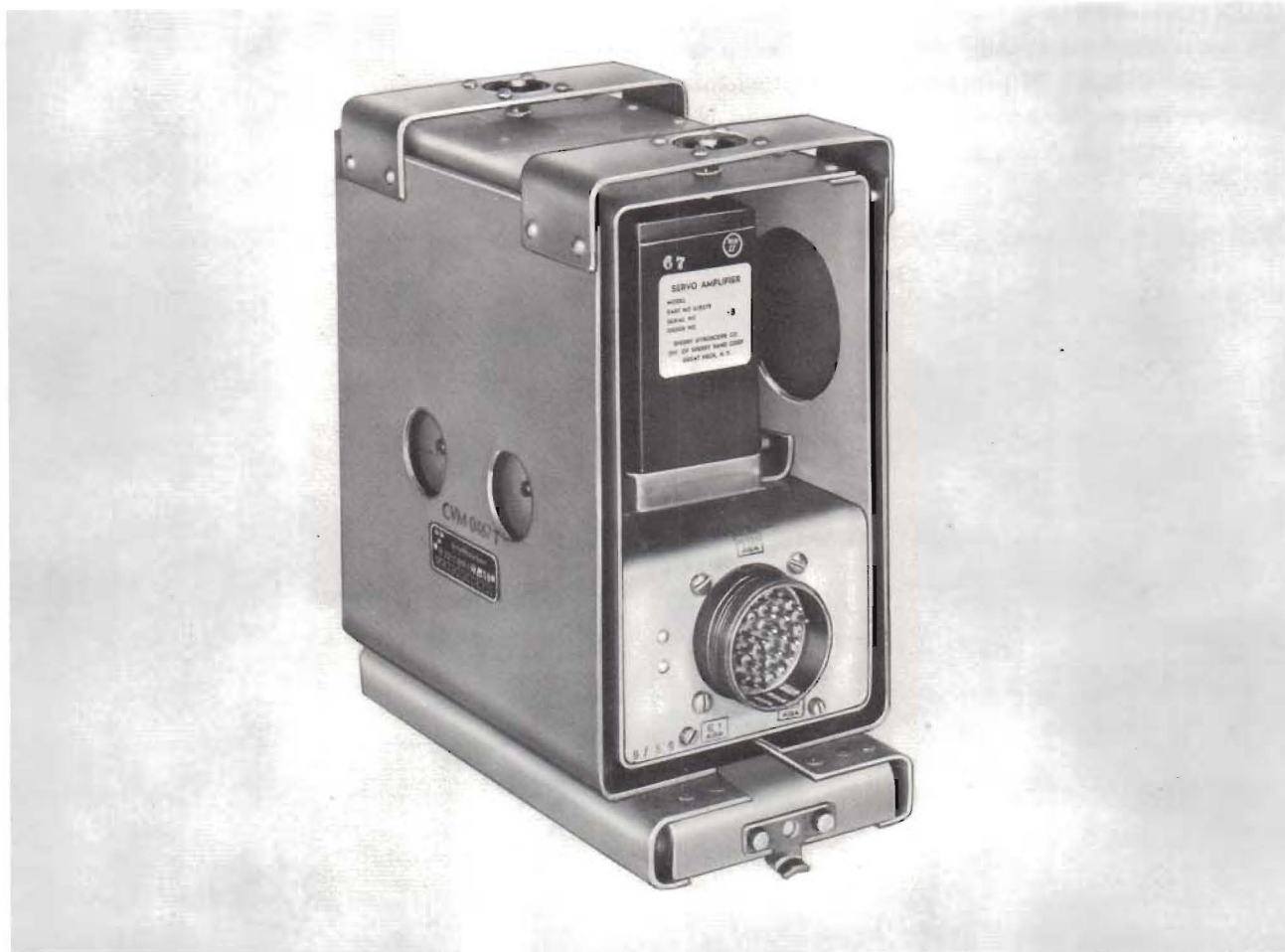


Bild 19. Servoförstärkare

Servoförstärkare

ALLMÄNT

Servoförstärkaren består av ett stativ där två förstärkare är festsatta, se bild 19. Förstärkarna driver horisontindikatorns servomotorer i roll och tipp. Stativet har ett stifttag för anslutning till flygplanets kabelnät och en potentiometer för korrigering av horisontindikatorns tippvinkel.

Servoförstärkarens kretsschema framgår av bild 20. Motståndena R1, R2 och R3 har ingen funktion i FLI-23.

FÖRSTÄRKARE

De två förstärkarna är lika utförda. Förstärkaren består av en basplatta där ett 14-poligt stifttag P201 och en stomme är monterade, se bild 21.

På stommen sitter transistorer, kondensatorer, motstånd och transformatorer. Komponenterna sitter fast med klämmor och är lödda till genomföringar och kopplingsstöd. Förstärkaren är täckt av en kåpa, som tätar mot basplattan med blytejp. Vardera förstärkaren är monterad i stativet med fyra skruvar.

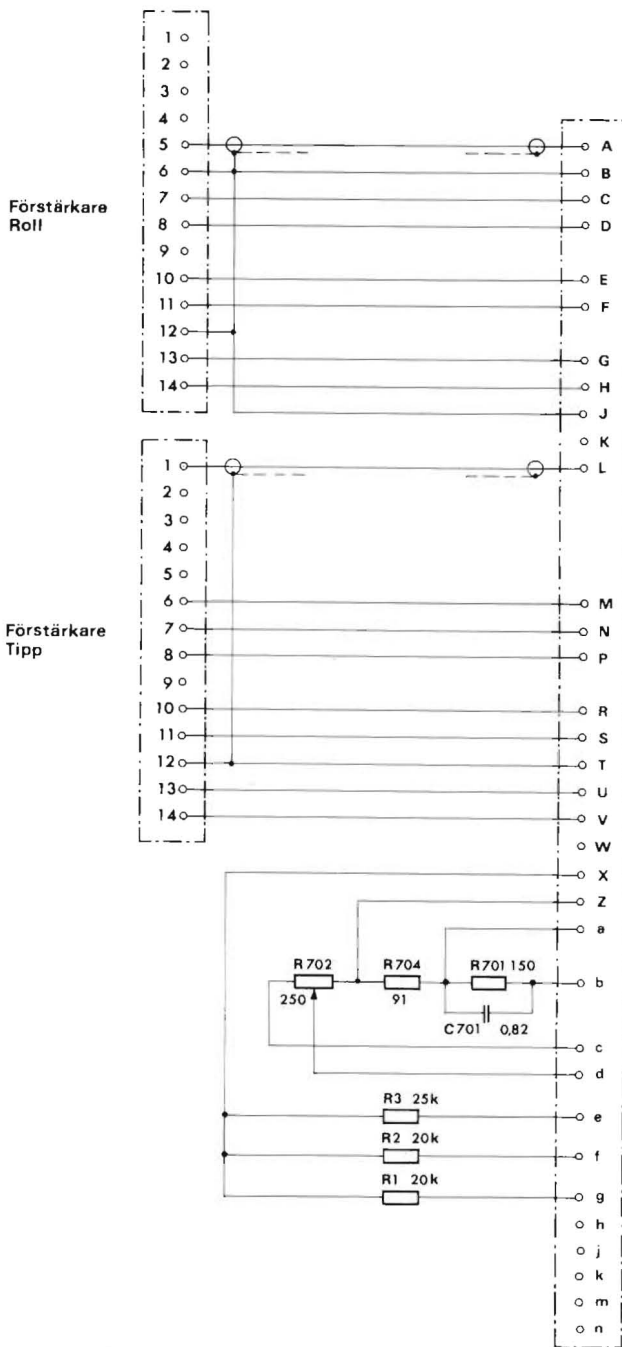


Bild 20. Servoförstärkare, krettschema

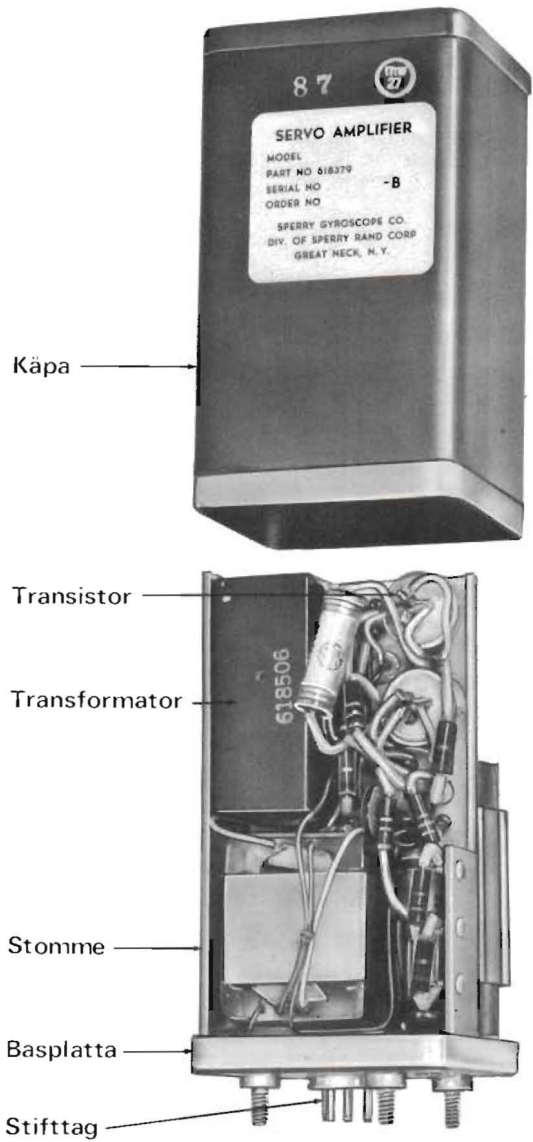


Bild 21. Förstärkare, isärtagen



Bild 22. Horisontindikator

Horisontindikator

ALLMÄNT

Horisontindikatorn sitter på flygplanets instrumentpanel och ger flygföraren information om flygplanets roll- och tippvinkel.

Horisontindikatorns utseende framgår av bild 22. Indikatorn består av en gaffel, lagrad i en stomme och ett klot, lagrat i gaffeln. Gaffeln och klotet drivs av servon. Klotet har en tippskala som kan läsas av mot ett index i form av en stiliserad flygplansbild, monterad på stommen. Rollvinkeln kan läsas av mot en rollskala bakom fronten. Klotet har full frihet i roll, men i tipp

är rörelsen begränsad till $\pm 80^\circ$. På stommen sitter en potentiometer för korrigering av tippvinkeln. Potentiometeraxeln har ett mejselspår och är åtkomlig på frontens framsida. Bakom fronten sitter en korsvisare och två varningsflaggor.

STOMME

Horisontindikatorns stomme är gjuten av en aluminiumlegering. I stommen är gaffeln med klotet lagrad, se bild 23. Gaffeln drivs över en växel av en motorge-

nerator (roll) som sitter på stommens baksida. Växeln driver även en rolljämförare. På baksidan finns också en drivenhet för tippstyrningen. Enheten består av motorgenerator (tipp), elgon och växel. Motorgeneratoren driver över växeln en kam som påverkar en axel. Denna axel är fjäderbelastad så att den alltid ligger an mot kammern. Axeln löper genom gaffelns centrum och är rörlig i indikatorns längdriktning. I axelns främre ände finns en kuggstång. Denna driver en axel som är lagrad i gaffeln. På denna axel är klotet fastsatt.

Bakom stommen sitter ett stativ med ståndare. På stativets framsida sitter en kopplingsplint där ledningarna till motorer och elgoner är anslutna. På stativets baksida finns ett 51-poligt stifttag.

På stommen sitter två korsvisarreläer, två plattor med varningsreläer och ett horisontindex. Fronten är fastskruvad i stommen och innehåller en lagring med rollskala, skyddsglas och fästmuttrar för montering i instrumentpanelen. Horisontindikatorn är täckt av en kåpa som tätar mot fronten med blytejp.

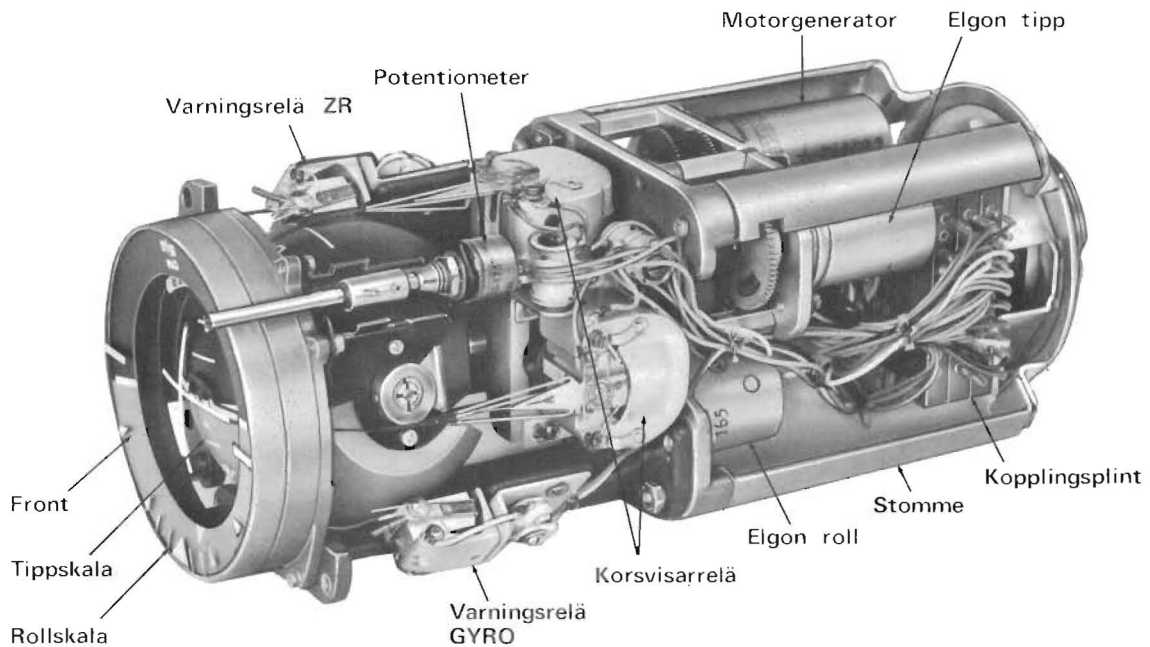


Bild 23. Horisontindikator, isärtagen



Bild 24. Kursindikator

Kursindikator

ALLMÄNT

Kursindikatorn sitter på flygplanets instrumentpanel och ger flygföraren information om flygplanets kurs. Kursindikatorns utseende framgår av bild 24. Kursen kan läsas av på en visare mot en fast skala. Dessutom finns en referensvisare som med en ratt nedtill på instrumentet kan ställas på önskad kurs. Kursindikatorn saknar servomotor. Inställningen sker i stället genom det moment på elgonrotorn som alstras av strömmarna i statorn.

FRONT MED SKALA

På kursindikatorn sitter en front med en fast skala. I skalan är referensvisaren lagrad. På frontens framsida sitter en fattning för glaset och en ratt. Ratten påverkar referensvisaren över en växel.

HUS

På frontens baksida sitter en platta, se bild 25, på vilken elgonen är fäst med klackar. På elgonens rotoraxel,

som är vänd mot skalan, är visaren påtryckt. Den hålls fast av friktionen.

Närmast elgonstatorn sitter ett nav på rotorn. På navet sitter en dämpare som består av en skivformig svängmassa. Denna rör sig när friktionen mellan nav och dämpare övervinns.

Utanpå huset finns en transformator för matning av elgonrotorn, och en kondensator. Baktill på huset sitter ett fempoligt stifttag. Med stifttaget ansluts kursindikatorn till flygplanets kabelnät.

Kursindikatorn är täckt av en kåpa som tätar mot fronten med en gummipackning.

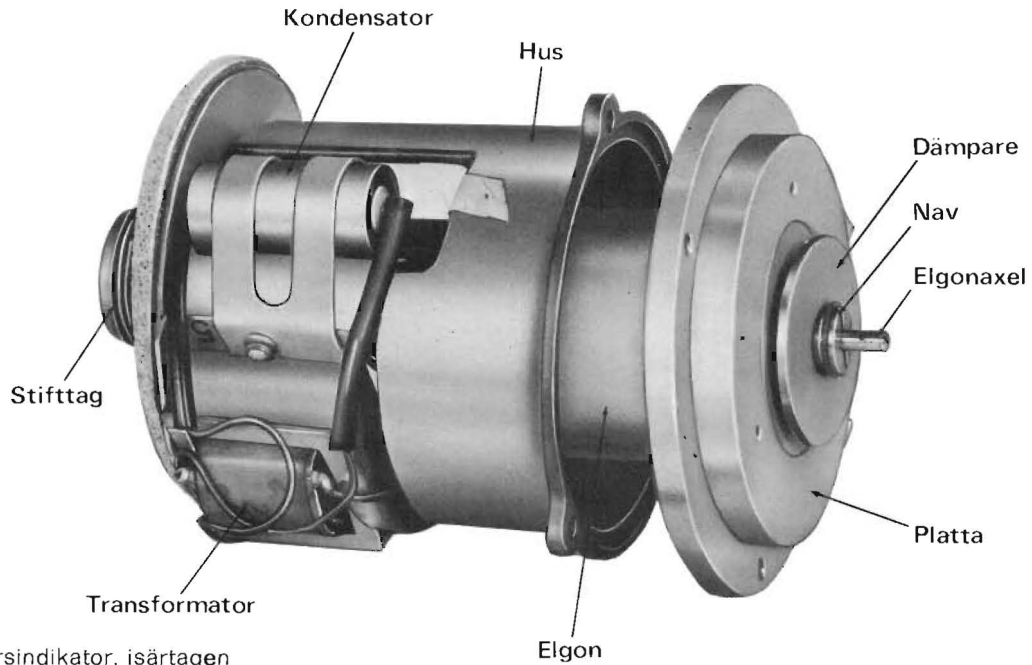


Bild 25. Kursindikator, isärtagen



Bild 26. Manöverlåda

Manöverlåda

ALLMÄNT

Manöverlådan består av en panel med kåpa, se bild 26. Baktill sitter ett stifttag för manöverlådans anslutning till flygplanets kabelnät. På panelen finns en lucka som hålls stängd med snabbblås. Manöverlådan innehåller mellanväggar av plåt, skilda åt av distansrör. På dessa mellanväggar sitter strömställare, reläer och omkopplare samt plintar med elektriska komponenter, se bild 28.

PANEL

På panelen, bild 26, finns till vänster en potentiometer med vilken flygföraren kan ställa in den aktuella missvisningen. I mitten sitter ett kursvred som i sina ändlägen påverkar mikrobrytare. Med kursvredet kan flygföraren ställa in kursgyrot till önskad kurs. Till höger på panelen sitter en latitudomkopplare.

Under luckan på panelen sitter manöverdon, se bild 27, som normalt inte används av flygföraren. Här

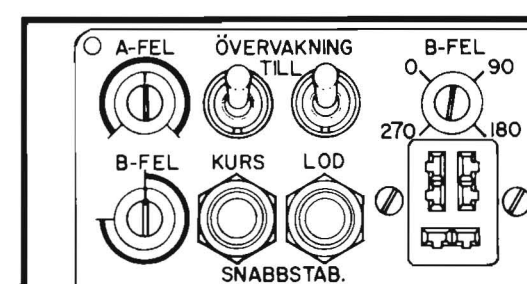


Bild 27. Manöverdon under luckan

finns knappar för snabbstabilisering i lod och kurs, strömställare för övervakning samt manöverdon för kompensering av kursfel. De sistnämnda består av potentiometrar för A-fel och B-styrka samt en elgon för inställning av B-läge. Dessutom finns ett sexpoligt hylstag för anslutning av devieringsdon M3744—806610.

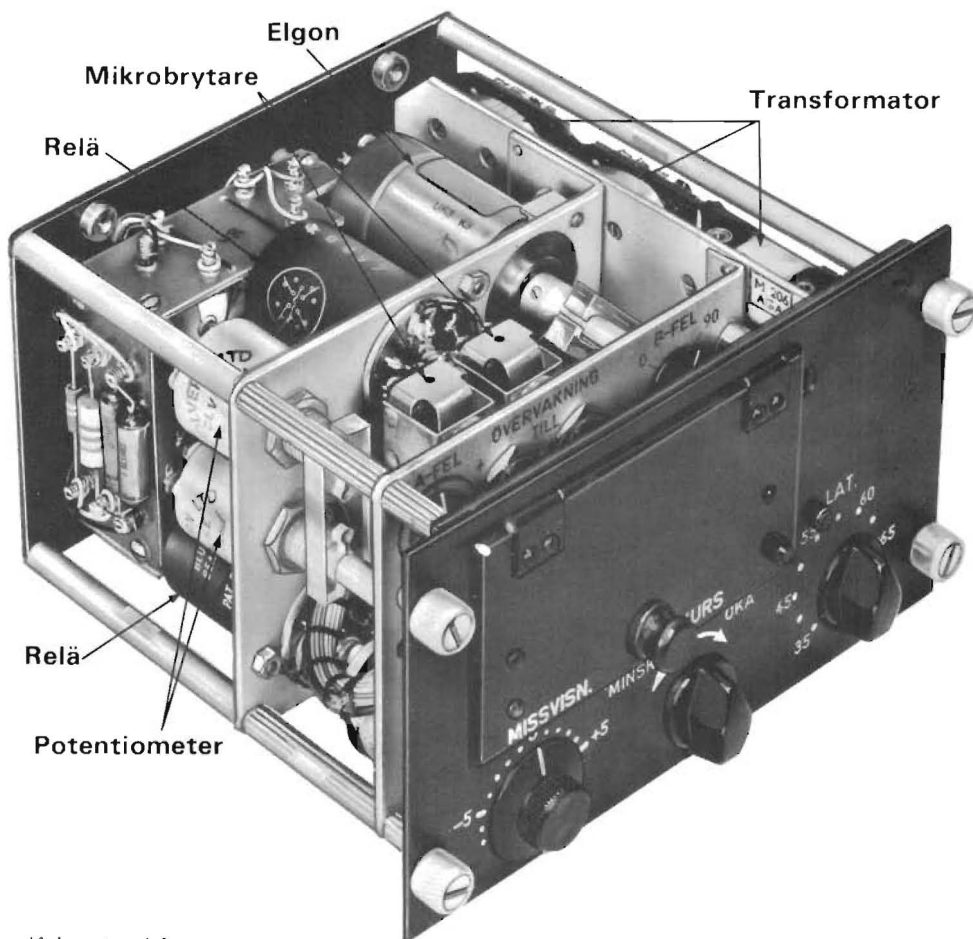


Bild 28. Manöverlåda, utan kåpa



Bild 29. Kursgivare

Kursgivare

ALLMÄNT

Kursgivaren ingår i övervakningssystemet i kurs och känner det jordmagnetiska fältets riktning. Kursgivaren skall ha en magnetiskt ostörd plats och sitter därför i flygplanets fena. Kursgivarens utseende framgår av bild 29.

FLÖDESVENTIL

Flödesventilen är den enhet i kursgivaren som känner magnetfältets riktning. Den består av en bakelitstomme med lameller av mymetall. Lamellerna är av två slag, stjärnlameller och fältlameller. I centrum på flödesventilen sitter en magnetiseringsspole, och kring var-

dera benet på stjärnlamellerna en avkännarspole. Ledningarna till dessa spolar är anslutna på lödbleck. Flödesventilen sitter på en platta av berylliumkoppar och har på undersidan en vikt, vilken kan balanseras med två mot varandra vinkelräta balanseringsskruvar.

KARDANSYSTEM OCH KÅPA

Flödesventilen är kardanskt upphängd i ett hus, se bild 30. Upphängningsplattan har därför axeltappar för lagring i en kardanring. Kardanringen liksom kullagren är av berylliumkoppar. Ledningarna till flödesventilen går genom centrum på axeltapparna och vidare i en

spiral till kardanringen. På kardanringen sitter axeltappar för lagring i huset. Flödesventilen har en frigång av $\pm 60^\circ$ i tipp och $\pm 30^\circ$ i roll. Vid större vinklar går flödesventilen eller kardanringen mot gummistopp i huset. Huset är fastdraget mot ett lock som har genom-

föringar och fästbultar. Anslutningskabeln är lödd till genomföringarna och i den fria änden finns ett hylstag.

Kursgivaren har en kåpa som med en gummiring tätar mot locket. Kåpan är fylld med olja som dämpar pendlingar i systemet.

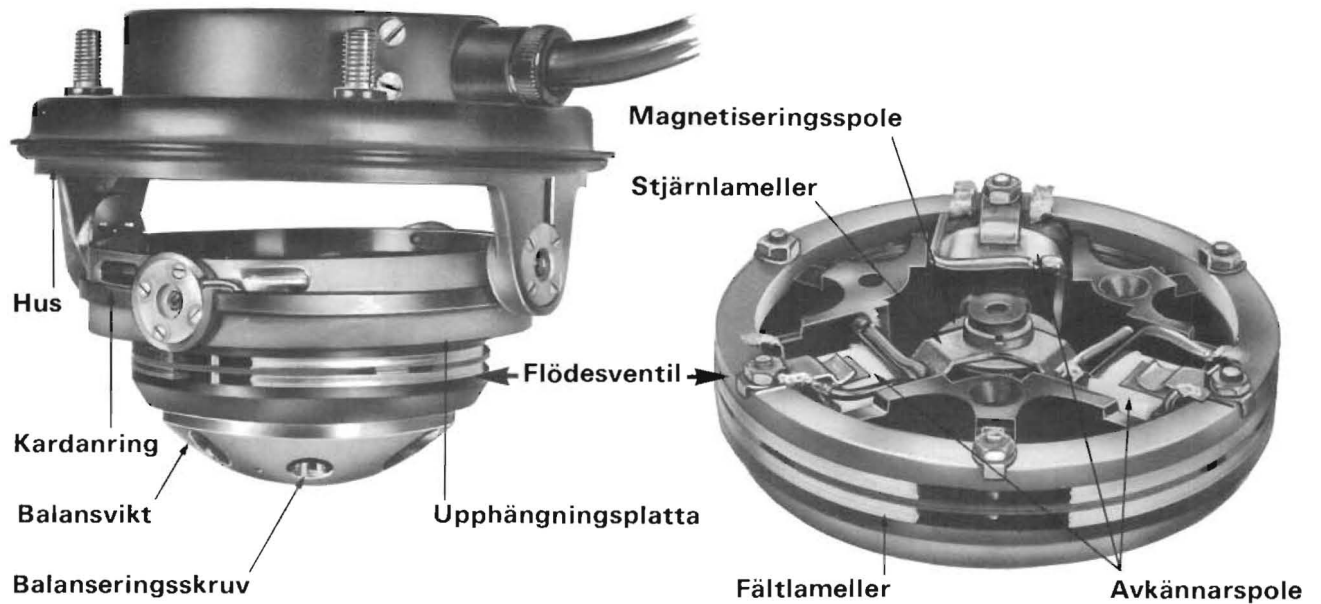


Bild 30. Kursgivare, isärtagen

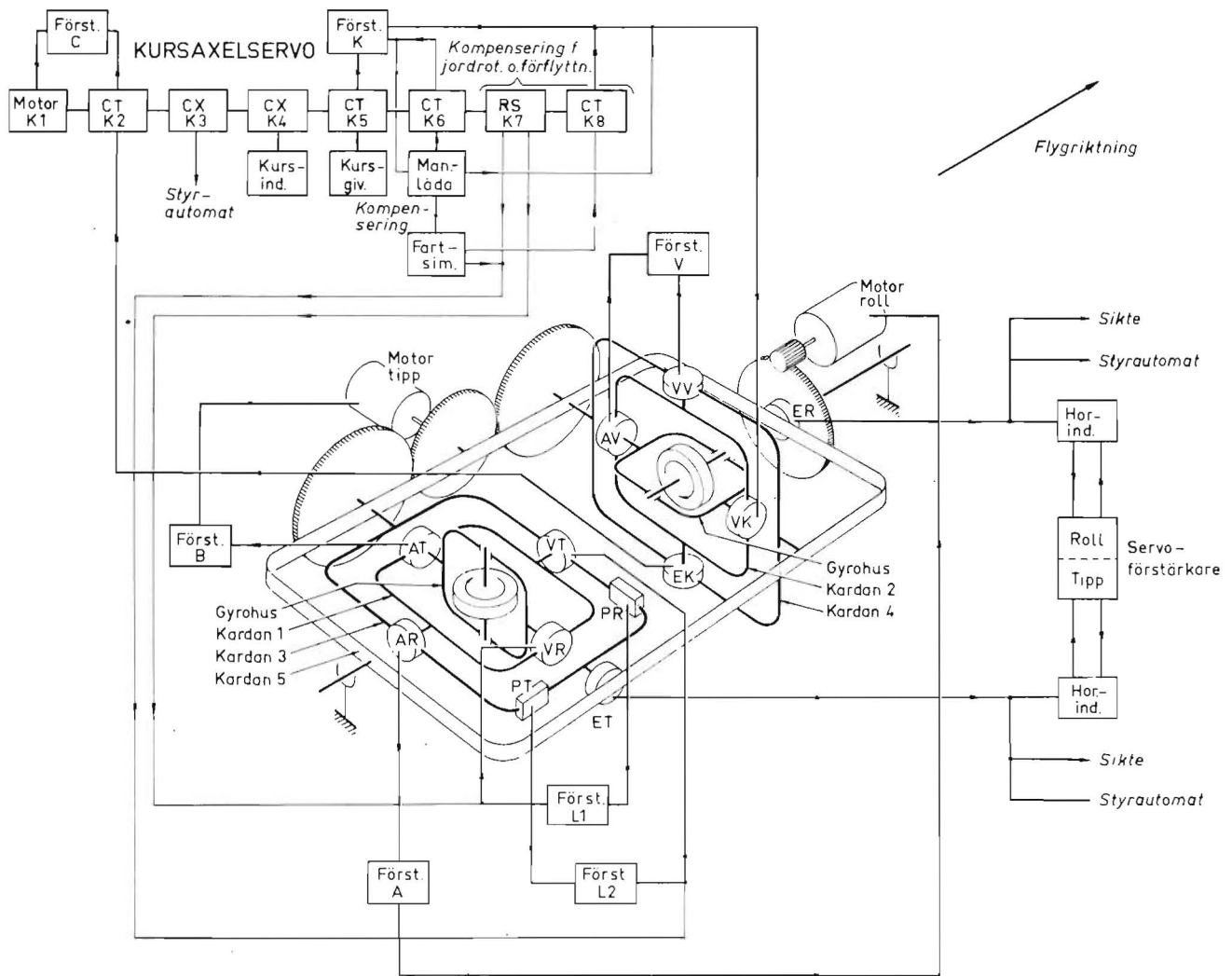


Bild 31. Blockschemat Fli-23

VERKNINGSSÄTT

Allmänt

Flyglägesinstrumentet Fli-23 ger information om flygplanets momentana läge i förhållanden till jordytan, dvs flygplanets roll-, tipp- och kursvinkel. Dessa vinklar presenteras för flygföraren på en horisont- och en kursindikator. Dessutom erhåller styrautomat och sikte lägesinformation från instrumentet.

På horisontindikatorn kan flygföraren läsa av flygplanets roll- och tippvinkel. Kursindikatorn visar flygplanets kursvinkel.

Flyglägesinstrumentet utnyttjar den egenskapen hos en roterande snurra (gyro), att denna opåverkad av krafter bibehåller sitt läge i rymden (gyroprincipen). Enligt gyroprincipen är det således möjligt att bestämma ett flygplans lägesändringar genom att man observerar en fritt upphängd snurras beteende i förhållande till flygplanet. Det lägeskännande organet i flyglägesinstrumentet, flyglägesgivaren, innehåller två gyron, ett lodgyro och ett kursgyro. Under flygning är lodgyrots axel vertikal och kursgyrots axel horisontal och pekar mot norr. Båda gyrona är upphängda i ett fritt kardansystem. Gyrot är emellertid fritt endast så länge dess rotationsaxel inte sammanfaller med kardans vridningsaxel. Detta kan mycket väl inträffa vid avancerad

flygning. För att i dessa fall förhindra att gyrot tumlar är de fria kardansystemen lagrade i servostyrda kardanser varigenom snurrorna blir helt oberoende av flygplanets rörelser. Härigenom blir det fria kardansystemet ortogonalt oberoende av flygläget. Genom att kursgyrots rotationsaxel hela tiden ligger i horisontalplanet elimineras även kursgyrots kardansfel.

Flygföraren är inte intresserad av sitt läge i förhållande till en fixstjärna utan vill veta flygplanets läge i förhållande till jorden. Av denna orsak är gyrona i flyglägesgivaren stöttade av ett kompenseringssystem som eliminerar inverkan av den skenbara utvandringen på grund av jordrotation och fart. Dessutom finns ett övervakningssystem som eliminerar den slumpartade utvandringen. Kompenserings- och övervakningssystemen ger moment på snurrorna, varvid dessa vrider sig (precederar) med önskad hastighet. Precessionsrörelsen blir sådan, att snurran alltid bibehåller sitt läge i förhållande till jorden oberoende av flygplanets kurs och fart. Flygplanets vinklar tas ut som elgonsignaler från flyglägesgivaren. Roll- och tippvinklarna tas ut direkt, kursvinkeln ställs in på kursaxelservot i förstärkaren.

Signalvägarna framgår av blockschemat, bild 31.

Flyglägesgivare med kardanservon

ALLMÄNT

Kretsschema bilaga 11.

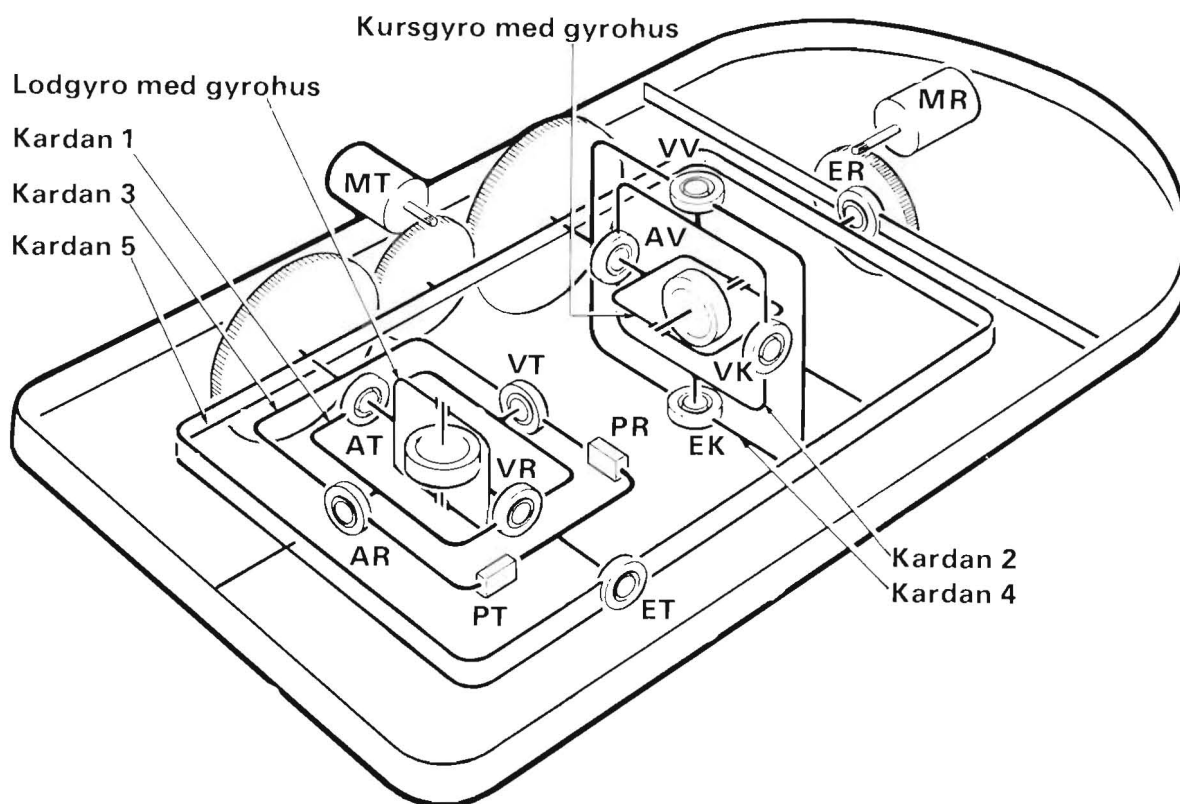
Gyrosnurrorna i flyglägesgivaren är inbyggda i ett system av både fria och motordrivna kardaner, varigenom snurrorna blir helt oberoende av flygplanets rörelser. De motordrivna kardanerna styrs av regler-system, servon. Servoförstärkarna sitter i förstärkaren.

Flyglägesgivarens principiella uppbyggnad visas på bild 32. Gyrosnurrorna, som utgörs av rotorer i hysterisemotorer, är lagrade i de båda gyrohusen.

Lodgyrots gyrohus sitter i kardan 1 som i sin tur är placerad i kardan 3. Kardan 3 och den omgivande kardan 5 drivs av motorer på så sätt, att kardan 3 obero-

de av flygplanets rörelser ligger i horisontalplanet. Det fria systemet i lod, nämligen kardan 1 och gyrohuset, har en rörelsefrihet inom $\pm 30^\circ$ från nollläget, varigenom den elektriska matningen kan ske över fjädrar som ger mindre friktion än släpringar. Lodgyrot precederas genom moment från vridmotorerna VR och VT vilket ger kompenserung för jordrotation och flygplanets förflyttning.

Genom vridmotorerna påverkas snurrorna även av övervakningssystemet. Detta används dels för att vid starten ställa gyrot i lod, dels för att korrigera eventuella fel hos kompenserungssystemet och den på



AR = Avkännare för lodgyrot i rolled
 AT = Avkännare för lodgyrot i tippeld
 AV = Avkännare för kursgyrots våghållning
 ER = Elgon i rolled
 ET = Elgon i tippeld
 EK = Elgon i kurs
 VR = Vridmotor i rolled

VT = Vridmotor i tippeld
 VK = Vridmotor i kurs
 MR = Motor för lod- och kursgyrot i rolled
 MT = Motor för lod- och kursgyrot i tippeld
 VV = Vridmotor för kursgyrots våghållning
 PR = Pendel i rolled
 PT = Pendel i tippeld

Bild 32. Flyglägesgivare, princip

grund av mekaniska ofullkomligheter alstrade egen-driften hos snurran. Övervakningssystemet använder för lodgyrots del elektromekaniska pendlar PR och PT för att över förstärkare och nämnda vridmotorer vrida in snurrans axel mot jordens centrum.

Kursgyrot har samma uppbyggnad som lodgyrot. Gyrohuset är rörligt $\pm 30^\circ$ från horisontalplanet, medan kardan 2 kan röra sig helt fritt. Kardan 4 är mekaniskt hopkopplad med lodgyrots kardan 3 på så sätt, att kardan 4 normalt kommer att ligga i ett vertikallplan. Kursgyrots snurra påverkas över vridmotorn VK av kompenseringssystemet och övervakningssystemet. Det senare dirigeras av det jordmagnetiska fältets riktning som erhålls från kursgivaren. Kursgyrots snurra hålls kvar i horisontalplanet av ett våghållningsservo, styrt av avkännaren AV, placerad mellan gyrohuset och kardan 2.

Kardan 3 och 4 respektive 5 drivs av två servon, tippvinkelservot i tippeld och rollvinkelservot i rolled, styrda av var sin avkännare, AT och AR. De elektriska signaler, som representerar flygplanets vinklar, tas ut från tre elgongivare ER, ET och EK.

GYROHUS MED SNURRA

Gyrohuset innehåller en snurra som utgör rotor i en hysteresismotor. Snurran är symmetriskt uppbyggd kring ett plan vinkelrätt mot rotationsaxeln och drivs av två parallellkopplade statorer. Vardera statorn har en konventionell fyrpolig trefasledning som ansluts till 3×200 V, 400 Hz. Härvid alstras ett roterande flöde som genom luftgapet sluter sig i rotorns magnetring. Flödets synkrona hastighet är 200 r/s eller 12000 r/min. Magnetringen är av stål och har en ganska bred hyste-

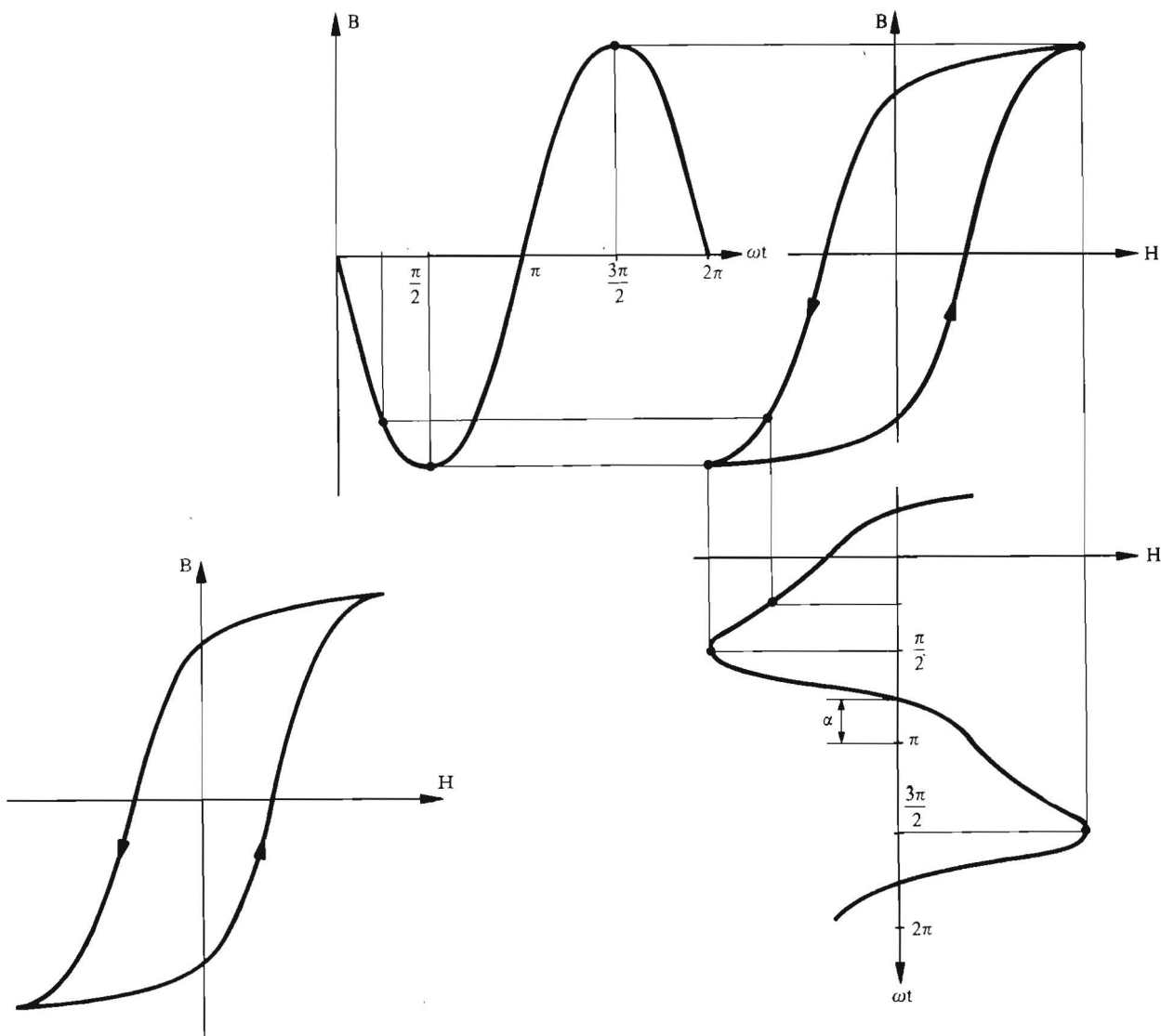


Bild 33. Hysteresisslinga

Bild 34. Konstruktion av hysteresisvinkel

resisslinga, se bild 33. Flödestätheten i en godtycklig punkt i magnetringen varierar som om punkten rörde sig utefter slingan i pilens riktning. Om rotorn står stilla rör sig punkten med synkron hastighet; om rotorn roterar sker rörelsen med släphastighet, dvs skillnaden mellan rotorns hastighet och den synkrona hastigheten.

Flödestätheten B varierar sinusformigt med tiden i magnetringen. På bild 34 visas att motsvarande H -fält släpar efter vinkeln α , hysteresisvinkeln. Eftersom således ström och flöde bildar en vinkel α med varandra uppkommer ett startmoment

$$M = k \cdot I_{stator} \cdot B_{rotor} \cdot \sin \alpha$$

Nu är vinkeln α oberoende av den hastighet med vilken B rör sig utefter hysteresisslingan, varför även momentet M blir konstant till synkronism, och man får en teoretisk momentkurva enligt bild 35. En typisk, verklig momentkurva finns inlagd på samma bild.

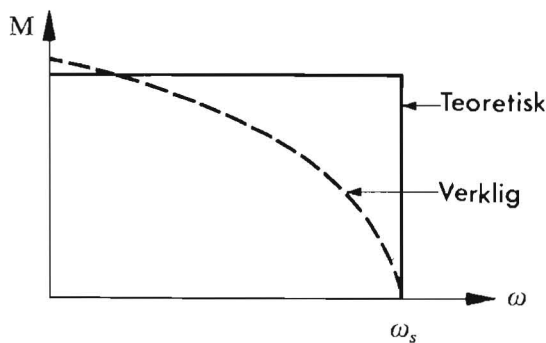


Bild 35. Momentkurva

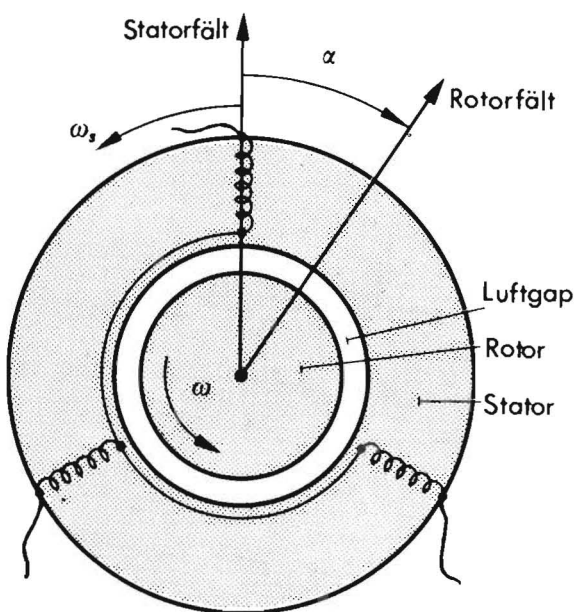


Bild 36. Hysteresismotor, princip

Det inbördes läget mellan stator- och rotorfält åskådliggörs på bild 36. När rotorn går in i synkronism minskar belastningen och kvar blir endast friktionsmomentet. Härvid varierar magnetiseringen längs en mindre, sekundär magnetiseringsringa, varvid α och därmed momentet minskar. Övergången sker oftast genom att rotorn svänger in sig till synkron hastighet, och motors moment ställer in sig så att det upphäver friktionsmomentet.

Gyrosnurrar har följande data:

Vikt: snurra	1,2 kg
Vikt: gyrohus med snurra	1,9 kg
Tröghetsmoment kring rotationsaxeln	9,5 kg cm ²
Synkron hastighet	12000 r/min
Rörelsemängdsmoment	1,2 Nms
Starttid	2 min 15 s
Utlöpnings tid	ca 15 min
Total effekt på gyromotorerna	9 W

Flödets och därmed snurrans rotationsriktning bestäms av nätets fasföljd. Ett moment på lodgyrot, som normalt driver gyrot mot sitt rätta läge (rotationsaxeln vertikal) kommer vid fel fasföljd att driva lodgyrot mot stoppen, varvid skador på flyglägesgivaren kan uppkomma. Samma sak gäller för kursgyrots våghållning.

TIPPVINKELSERVO

Funktionsschema bilaga 2.

Tippvinkelservot styr kardan 3, tippkardanen i flyglägesgivaren, så att kardanen hela tiden ligger i horisontalplanet, se bild 37.

När flygplanet rör sig i tipped vill kardan 3 och därmed kardan 1 följa med i rörelsen. Gyrohuset däremot behåller sitt läge, varvid en spänning i första ögonblicket alstras av avkännaren i tipp, AT. Denna spänning förstärks i förstärkaren B och matas in på motorgeneratoren i tipp, som över tippväxeln vrider kardan 3 tills avkännarspänningen försvinner, vilket inträffar när kardanen ligger i horisontalplanet. Rörelsen hos gyrohuset i förhållande till kardan 1 är normalt mycket liten, varför rörelsefriheten är begränsad till $\pm 30^\circ$.

Avkännare

Avkännaren är signalgivare till kardanservona i roll och tipp i flyglägesgivaren. Avkännarens uppbyggnad framgår av bild 38. Statorn har två lindningar, en primärlindning matad med 115 V, 400 Hz och förlagd i de stora spåren och en sekundärlindning i de små spåren. Rotorn består av ett fyrpoligt lamellpaket och saknar lindning.

När avkännaren är nollställd befinner sig polerna mitt för de små spåren, och det resulterande flödet

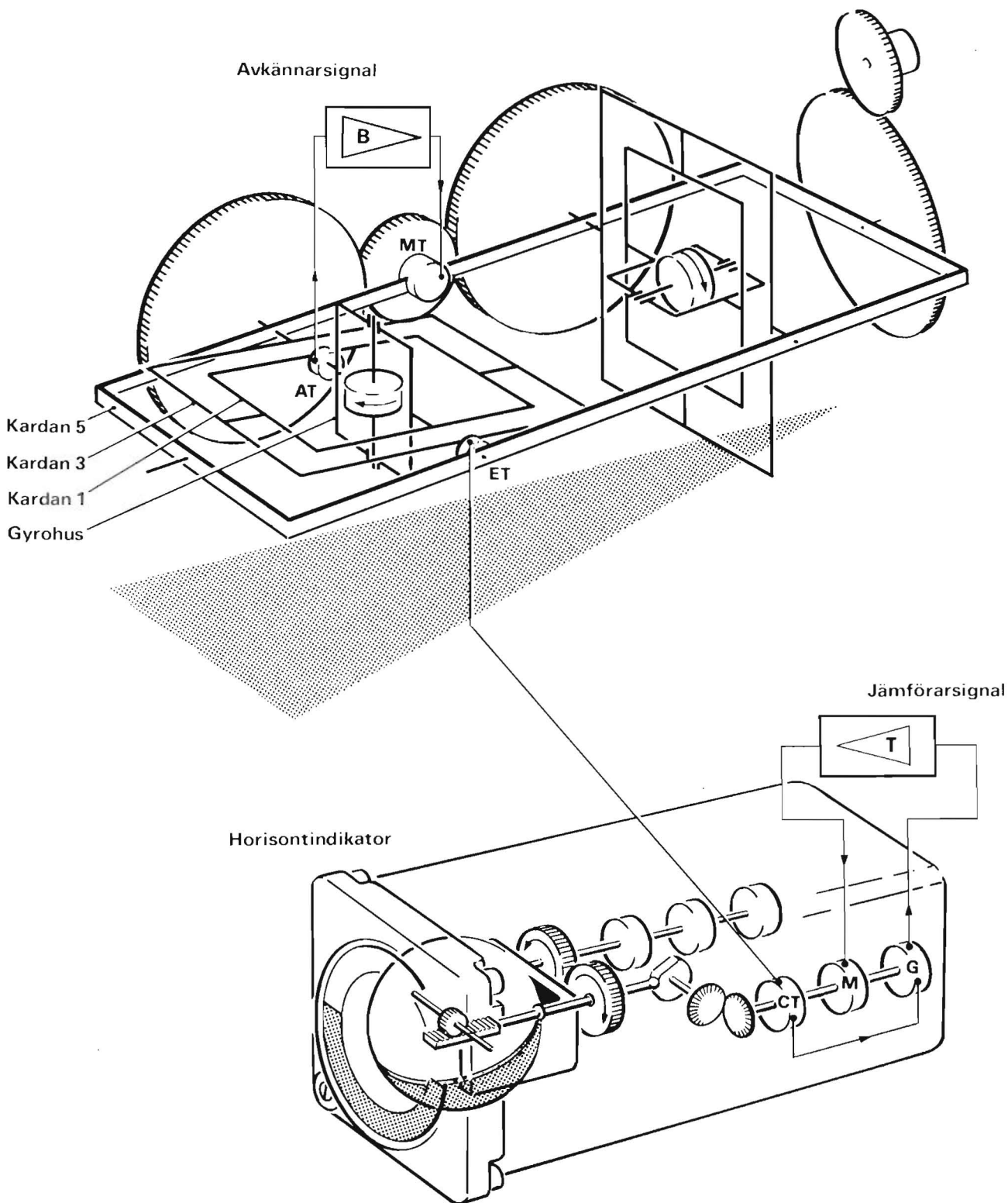
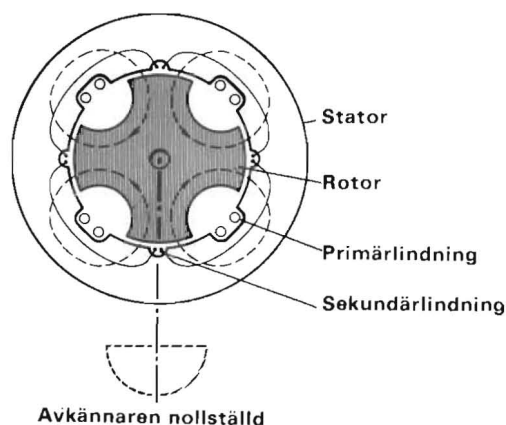
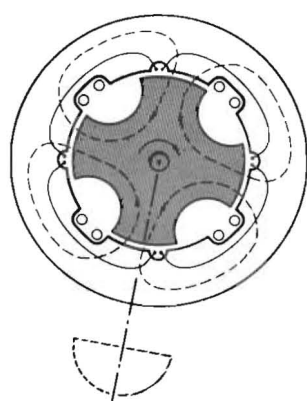


Bild 37. Tippkanal



Avkännaren nollställd



Rotorn utställd ca 10°

Bild 38. Avkännare och pendel, princip

genom sekundärlindningen blir av symmetriskäl noll. När rotorn vrids från sitt nolläge störs symmetrin, och det resulterande flödet genom sekundärlindningen inducerar en spänning proportionell mot vridningsvinkeln, se bild 38. Vrids rotorn motsvarande vinkel åt

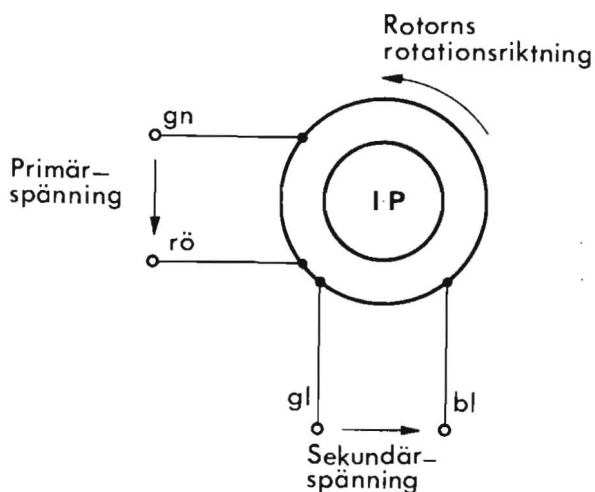


Bild 39. Avkännare, symbol

andra hållet får man en lika stor spänning men med motsatt fas i förhållande till primärspänningen.

Avkännarens symbol med uttagmärkning framgår av bild 39 och dess karakteristik av bild 40. Bild 39 definierar även sekundärspänningens polaritet när rotorn vrids moturs sett från statorns uttagssida.

Data för avkännaren är:

Känslighet	1,6 V/°
Fasvridning	+5°
Störmoment inom ±2°	max 0,15 pcm

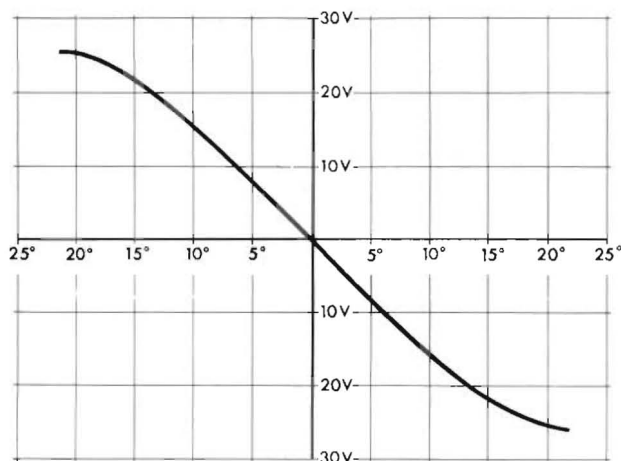


Bild 40. Avkännare, karakteristik

Förstärkare B

Kretsschema bilaga 15.

Förstärkare B tar emot växelspänningen från avkännaren i tipp AT, förstärker den och driver tippmotorn.

Avkännarsignalen matas in på ett nät för signaltblandning på ingången. Signalen förstärks i två motståndskopplade trioder. Anodspänning erhålls från nätenheten som arbetar med halvågslikriktning. Av säkerhetsskäl har nätlikriktarna dubblerats och parallellkopplats med motstånden R201 och R202, varigenom backspänningen fördelas lika över likriktarna. Förstärkningsreglering sker med potentiometern RV101.

Effektförstärkning sker i en magnetförstärkare (transduktor), vilken är placerad i transduktorenheten. Magnetförstärkaren är självmagnetiserande och verknings sättet kan förklaras med hjälp av den förenklade kretsen på bild 41.

Bilden visar en ringkärna med två lindningar, en styrlindning och en arbetslindning. Arbetslindningen matas med nätspänning i serie med en ideell diod och ett belastningsmotstånd.

Med beteckningar enligt bild 41 erhåller man:

$$e_l = e_k + e_d + e_L$$

vilket integreras över en hel period

$$\int_0^T e_l dt = \int_0^T e_k dt + \int_0^T e_d dt + \int_0^T e_L dt$$

Om matningsspänningen är sinusformad är

$$\int_0^T e_l dt = 0$$

Ringkärnan kan inte bygga upp någon spänning över perioden, varför

$$\int_0^T e_k dt = 0$$

Härav erhålls spänningen över belastningen

$$\int_0^T e_L dt = - \int_0^T e_d dt$$

dvs spänningsintegralen av belastningsspänningen under arbetsperioden är lika med spänningsintegralen av diodspänningen under styrperioden. Utspänningens storlek bestäms således av när under arbetsperioden dioden börjar leda. Detta beror i sin tur på kärnans begynnelsemagnetisering, bestämd av strömmen i styrlindningen, i hysteresislingen betecknad med nivåerna B_0 , B_1 och B_2 , se bild 42. Matningsspänningen e_l kan anses vara så vald, att vid begynnelsetätheten B_0 hela positiva halvperioden går åt att driva flödet från B_0 till $+B_s$. Kärnan går alltså aldrig i mättning och utspänningen blir noll. Vid begynnelsetätheten B_2 går kärnan mycket snabbt i mättning. Spänningen över den försvinner, och praktiskt taget hela positiva halvperioden av matningsspänningen e_l hamnar över belastningen. Begynnelseätheten B_1 intar ett mellanläge, och motsvarande kurvformer finns avbildade på bild 42.

För drivning av motorn dubblas nu denna enkla krets enligt bild 43. Med denna koppling kan motorn drivas åt båda hållen, varvid rotationsriktningen bestäms av styrspeänningens fas.

Kretsen består av två likadana transduktorkärnor med lindningar vilka kopplats tillsammans, så att styrlindningarna kopplats med och arbetslindningarna mot varandra. Detta indikeras med punkter vid de olika lindningarna. Transduktorsteget belastas med motorns styrlindning, anpassad med en utgångstransformator. Hela belastningen är avstämd med kondensatorn C. Matningsspänningen ansluts mellan mittpunkterna på arbetslindningarna och utgångstransformatorn. Styr-

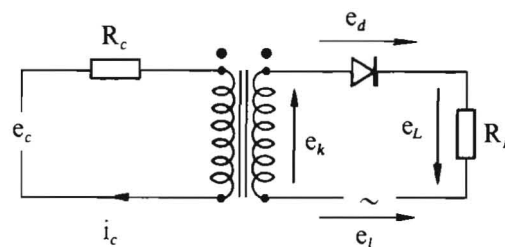


Bild 41. Magnetförstärkare, princip

lindningarna är symmetriskt kopplade till en balanseringspotentiometer, och hela transduktorsteget styrs med växelspänning från en motståndskopplad triod.

Kretsen som innehåller motståndet R_L på bild 43 ger de båda kärnorna en lämplig förmagnetisering enligt de streckade pilarna. Förmagnetiseringen sparkopplas in genom att arbetslindningen har dubbelt så många varv som styrlindningen. Dioden i förmagnetiseringskretsen är så vänd, att förmagnetiseringen verkar under den negativa halvperioden (styrperioden), när dioderna i arbetskretsen spärrar.

Även när styrspeänningen är noll cirkulerar en ström i styrlindningarna. Genom förskjutning av balanseringspotentiometern ökar denna ström i den ena styrlindningen och minskar i den andra, varvid motorspänningen kan balanseras ut.

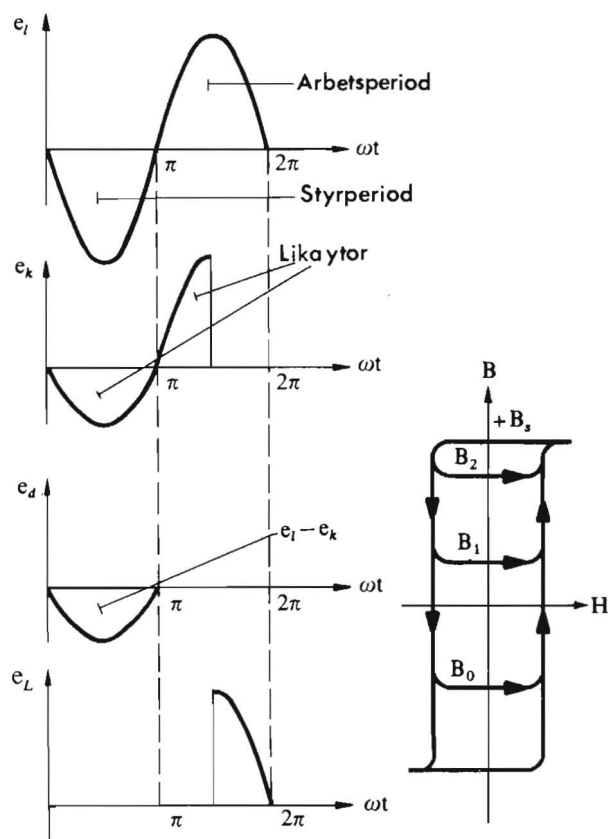


Bild 42. Magnetförstärkare, kurvformer

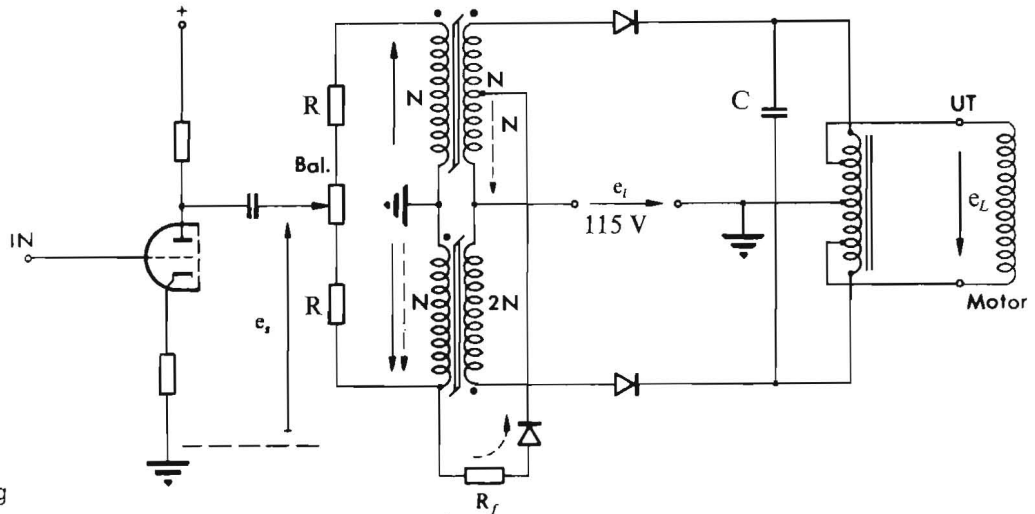


Bild 43. Slutsteg, halv våg

När transduktorsteget styrs av en styrspanning e_s , som ligger i fas med matningsspänningen e_i , uppstår en spänning över vardera styrlindningen enligt de hel-dragna pilarna, som visar polariteten under styrperioden. Eftersom lindningsriktningarna är olika i förhållande till pilarna magnetiseras den övre kärnan mot mättning och den undre från mättning. Under arbetsperioden tar således den övre kärnan upp mindre spänning än den undre, och en spänning e_L alstras över motorn. Avstämningens kondensatorn C strävar att hålla motorspänningen uppe även under styrperioden, varför utspänningen får tämligen god sinusform.

Om styrspanningen ändrar polaritet och ligger i motfas i förhållande till matningsspänningen, styrs de båda kärnorna i motsatt riktning och motorspänningen ändrar polaritet. Motorns rotationsriktning följer alltså styrspanningens polaritet. Transduktorns maximala utspänning är 115 V.

Servomotorer

Den i växelströmsservon vanligaste motorn är tvåfasmotorn. Denna används genomgående i Fli-23. Tvåfasmotorn är en asynkronmotor med kortsluten rotor. Statorn har två lindningar, elektriskt sett 90° förskjutna från varandra, en referenslindning och en styrlindning. Rotorn har en burlindning. Om de två statorlindningarna matas med växelspanningar som i tiden är 90° färförskjutna erhålls ett roterande flöde, som genom luftgapet sluter sig i rotorn. Härvid induceras strömmar i rotorn, vilka tillsammans med flödet ger ett moment, som drar rotorn med sig i flödets rotationsriktning. När varvtalet ökar, minskar eftersläpningen och därmed motorns moment. En linjär motor har raka momentkurvor enligt bild 44.

I Fli-23 drivs motorn med konstant spänning på referenslindningen. Styrlindningen matas från en förstärkare.

En motor karakteriseras av:

Styrspanning	V_o	V
Startmoment	M_o	Nm
Tomgångsvarvtal	ω_o	rad/s
Rotorns tröghetsmoment	J	kgm ²

Ur dessa data beräknas:

$$\text{Tidkonstanten } T = \frac{J\omega_o}{M_o}$$

$$\text{Motorkonstanten } k_m = \frac{\omega_o}{V_o}$$

Motorns överföringsfunktion kan nu skrivas:

$$\frac{\theta}{V} = \frac{k_m}{s(1+Ts)}$$

Motorns blockschema och frekvenskaraktäristik framgår av bild 45, där V är spänningen på styrlindningen och θ motordrevets vridningsvinkel.

Den verkliga motorn är inte linjär och har således inte raka momentkurvor. Typiska momentkurvor för en tvåfasmotor framgår av bild 46.

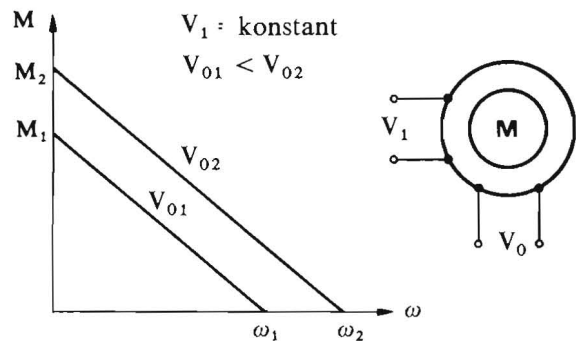


Bild 44. Motor, momentkurvor och symbol

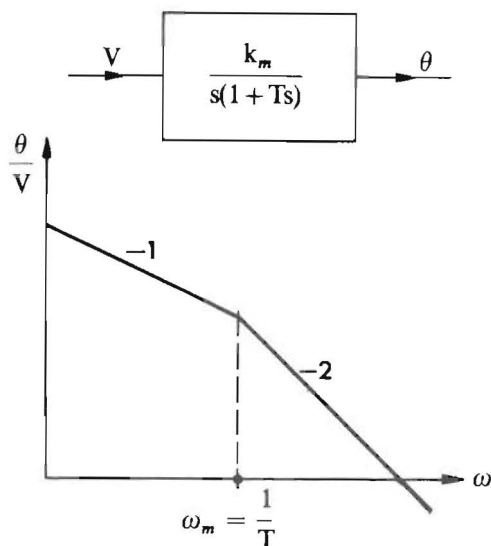


Bild 45. Motor, frekvenskurva

De flesta motorerna är sammanbyggda med en generator, vars rotor är fastsatt på motoraxeln. Rotorn består av en aluminiumtrumma. Statorn har två lindningar, en primärlindning och en sekundärlindning, 90 elektriska grader förskjutna i förhållande till varandra. Primärlindningen matas med en spänning, varvid ett pulserande huvudflöde alstras i luftgapet. När rotorn roterar inducerar detta flöde en spänning i rotorn proportionell mot varvtalet. Denna hastighets-spänning ger upphov till rotorströmmar, vilka alstrar ett tvärflöde i luftgapet. Genom transformatorverkan inducerar detta tvärflöde en utspänning i sekundärlindningen.

Generatorspänningen används i servot för stabilisering, varvid den kommer in i motfas i förhållande till

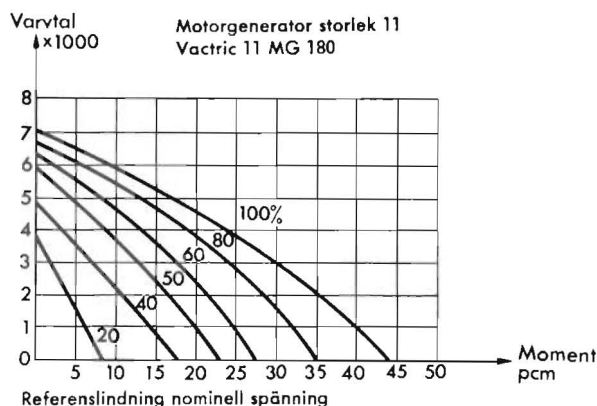


Bild 46. Motor, momentkurvor

signalgivarens spänning. Generatoren karakteriseras av sin generatorkonstant k_g vid nominell matning:

$$k_g = \frac{V_g}{\omega}$$

där V_g = generatorns sekundärspänning i volt vid vinkelhastigheten ω i rad/s.

Generators blockschema och symbol framgår av bild 47.

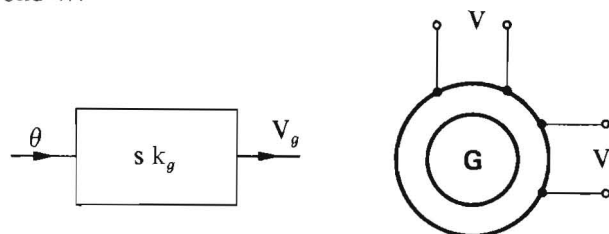


Bild 47. Generator, blockschema och symbol

I tabell 1 finns en sammanställning av typiska data för samtliga motorer i Fli-23.

Tabell 1

		Storlek 18	Storlek 11	Storlek 10
		Kearfott R 806	Kearfott R 809 Vactric 11MG 180 Vactric 11MG 197	Bendix FV-110-12-A1
Referenslindning	V	115	115	26
Referenslindning	W	16,2	3,8	3,3
Styrlindning	V	115	115	33
Styrlindning	W	16,2	3,8	3,3
Startmoment	pcm	200	40	22
Tomgångsvarvtal	r/min	9000	6000	10000
Tidkonstant	ms	28	15	50
Maximal uteffekt	W	5,0	1,0	0,7
Generatormatning	V	115	115	26
Generatormatning	W	5,4	3,8	1,75
Utspänning vid 1000 r/min	V	3,0	0,5	0,5

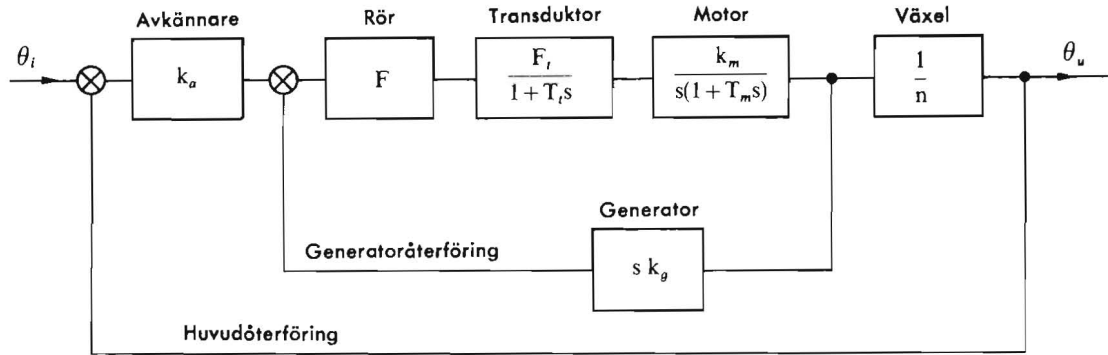


Bild 48. Servo, blockschema

Analys av tippvinkelservot

Signalvägarna i tippvinkelservot framgår av funktionschema bilaga 2. B-förstärkaren matas med sekundärspänningen från avkännaren i tipp AT. Spänningen förstärks och matas till styrlindningen på tippmotorn M, som över tippväxeln driver kardan 3 tills avkännarspänningen försvinner. Generatorspänningen matas in över blandningsnätet på B-förstärkarens ingång i motfas i förhållande till avkännarspänningen.

Motorns referenslindning matas med en spänning som i tiden ligger 90° fasförskjuten i förhållande till spänningen på styrlindningen, för tippvinkelservot flygplanets fas A. För detta ändamål utnyttjas trefasnätet genom att referenslindningens spänning 115 V tas ut från en transformator kopplad mellan faserna B och C. Transformatorn sitter i förstärkare B och är samtidigt nättransformator.

Ett komplett blockschema på tippvinkelservot visas på bild 48. På bilden betecknar:

- θ_i = servots invinkel
- θ_u = servots utvinkel
- k_a = avkännarens känslighet
- F = spänningsförstärkningen i rörförstärkaren
- F_t = spänningsförstärkningen i transduktorn
- T_t = transduktorns tidkonstant
- k_m = motorkonstanten
- T_m = motorns tidkonstant
- n = utväxlingen
- k_g = generatorkonstanten

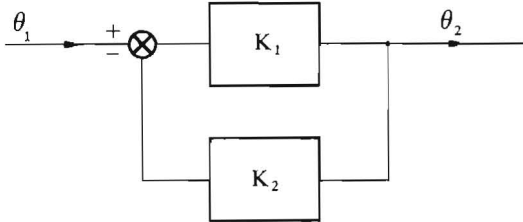


Bild 49. Blockschema

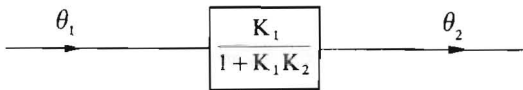


Bild 50. Blockschema

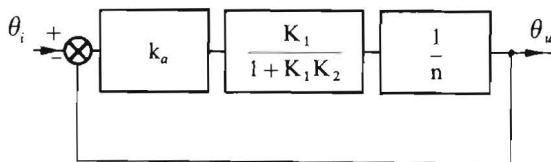


Bild 51. Blockschema

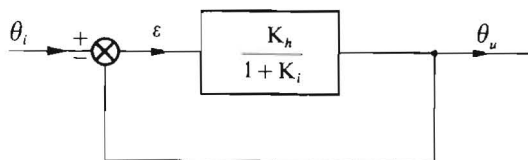


Bild 52. Blockschema

Två återföringar finns på bild 48, en inre generatoråterföring från generatoren till förstärkaringången, och en yttre huvudåterföring från kardan 3 till avkännaren. Genom sammanslagning av blocken kan den inre kretsen förenklas som på bild 49 med överföringsfunktionen

$$\frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{K_1}{1 + K_1 K_2}$$

se bild 50.

Blocket på bild 50 kan nu sättas in i den ursprungliga kretsen, se bild 51, vilken kan förenklas som på bild 52. På bilden betecknar:

- K_h = förstärkningen i huvudkretsen
- $K_i = K_1 K_2$ = förstärkningen i innerkretsen

$$K_h = k_a K_1 \frac{1}{n} = \frac{k_a F F_t k_m \frac{1}{n}}{s(1 + T_m s) (1 + T_t s)}$$

Av tidkonstanterna dominerar här motorns tidkonstant T_m .

För linjär analys av servot bryts återkopplingen från θ_u och en frekvenskurva över

$$K = \frac{K_h}{1 + K_i} = \frac{\theta_u}{\varepsilon}$$

uppritas. Ur denna kan totalförstärkningen, fasmarginalen osv beräknas.

För konstruktion av frekvenskurvan uppdelas frekvensskalan i två delar, varvid delningen sker vid den frekvens där $K_i = 1$. För det undre frekvensområdet, där $K_i > 1$ kan man sätta

$$K = \frac{K_h}{K_i}$$

och för det övre, där $K_i < 1$

$$K = K_h$$

Denna approximation innebär en stor förenkling av konstruktionsarbetet, och ett fel på högst 3 dB införs i brytpunkten. Frekvenskurvans principiella utseende framgår av bild 53, där förstärkning och frekvens avsetts på logaritmiska skalor.

Innerkretsens förstärkning K_i är streckad, huvudkretsens förstärkning K_h dragen med en fin heldragen linje. Den resulterande förstärkningskurvan K är dragen med en grov linje. Av bilden framgår, att så länge

$K_i > 1$, dvs ligger över frekvensaxeln, är K = skillnaden mellan kurvorna för K_h och K_i , dvs

$$K = \frac{K_h}{K_i}$$

När $K_i < 1$ sammanfaller kurvorna för K och K_h , dvs

$$K = K_h$$

Den resulterande förstärkningskurvan K skär frekvensaxeln vid $\omega = \omega_0$, där alltså $K = 1$. Denna gränshfrekvens motsvarar ungefär det slutna servots resonansfrekvens. Vid frekvensen ω_0 måste fasmarginalen vara tillräckligt stor, 30—40°, för att servot skall bli stabilt. En faskurva är inlagd underst på bild 53. För att få servot så snabbt som möjligt strävar man nu att hålla K_h och K_i så stora som möjligt med hänsyn tagen till spridning i komponenter, glapp etc. En begränsning ligger även i den inre kretsen K_i , vilken vid för hög förstärkning kan bli instabil.

Fördelen med generatordämpning framgår tydligt av bild 53. Utan denna dämpning blir över hela frekvensområdet

$$K = K_h$$

varvid K_h måste sänkas avsevärt med bibehållen fasmarginal. Motors tidkonstant drar nämligen ner fasen vid $\omega = 1/T_m$, och någon kompensering för detta får man i detta fall inte. Generatordämpningen har tyvärr en nackdel, vilket även framgår av bild 53. Dämpningen verkar nämligen under hela frekvensområdet, alltså även vid låga frekvenser, där någon stabilisering inte behövs. Detta sänker servots förstärkning vid låga frekvenser, varvid följsamheten försämras. Som ett mått på servots följsamhet används hastighetskonstanten k_v . Denna definieras som

$$k_v = \frac{\omega_u}{\varepsilon} = \frac{\text{vinkelhastighet ut}}{\text{vinkeldifferens in}}$$

vid konstant vinkelhastighet på utaxeln.

Med tidigare beteckningar erhåller man

$$k_v = \frac{\omega_u}{\varepsilon} = \frac{s \theta_u}{\varepsilon} = s \frac{K_h}{K_i} = \frac{k_a}{nk_g}$$

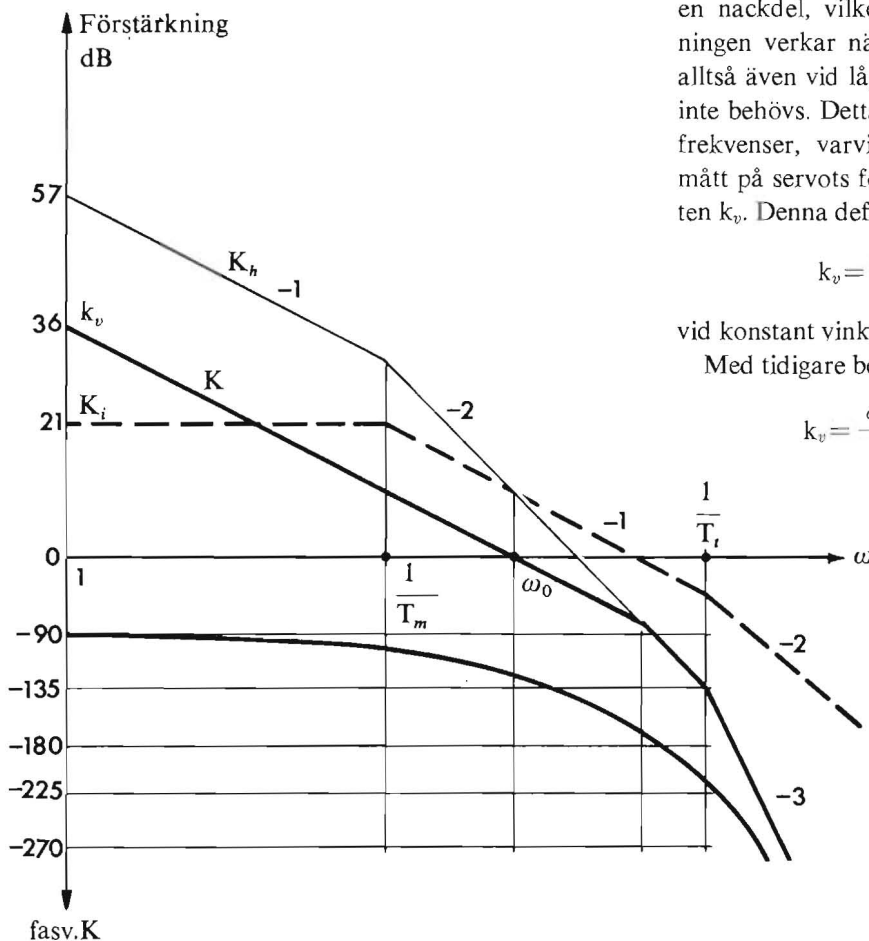


Bild 53. Frekvenskurva, öppen krets

Härav framgår att hastighetskonstanten k_v är oberoende av förstärkningen, vilket är naturligt, eftersom t ex en ökning av förstärkningen även medför att förstärkningen ökar i den inre kretsen lika mycket. En hög följsamhet fordrar liten generatordämpning vilket dock kan äventyra stabiliteten. Av bild 53 framgår att k_v erhålls som den resulterande förstärkningen K vid $\omega=1$.

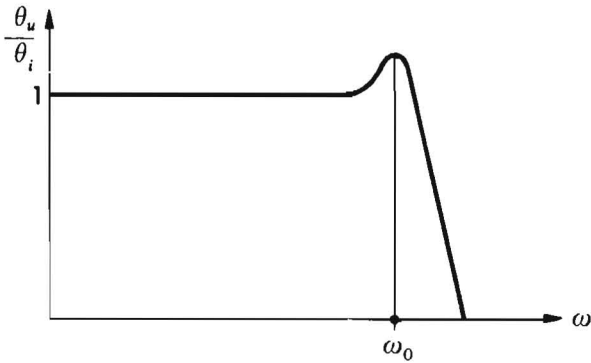


Bild 54. Frekvenskurva, slutna krets

När den yttre återföringen är slutna, bild 52, får man för den slutna kretsen en frekvenskurva enligt bild 54. Förstärkningen=1 ända tills i närheten av resonansfrekvensen, där en mer eller mindre hög frekvenstopp utbildas. För ett servo med god dämpning bör toppen inte överstiga 20—25 %. Efter resonans faller förstärkningen kraftigt.

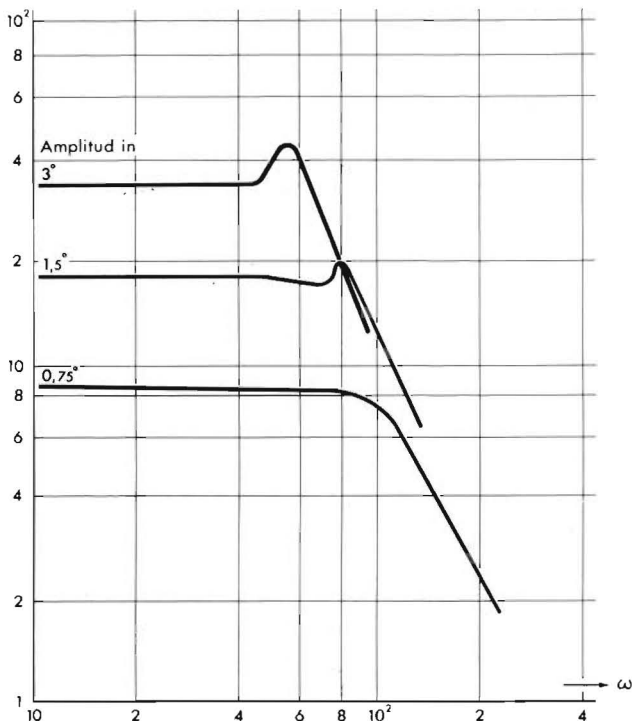


Bild 55. Frekvenskurvor, slutna krets

Den företagna analysen har gällt linjära servon. Servona i Fli-23 är emellertid något olinjära, dvs de för servot karaktäristiska storheterna är beroende av insignalens amplitud. Detta framgår av bild 55, som visar frekvenskurvor för en förstärkare tagna vid olika amplitud på insignalen.

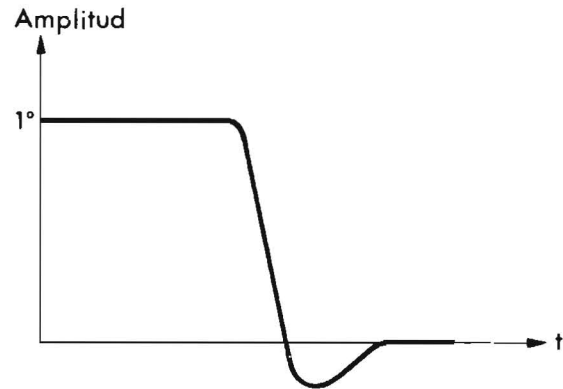


Bild 56. Stegsvvar

I tabell 2 finns karaktäristiska storheter för samtliga servon i Fli-23 vid en inamplitud av ca 1°.

För provning av servona i Fli-23 används i huvudsak stegsvvar och följsamhetsprov. Stegsvvar tas upp vid en störning av servot motsvarande 1°. Ett typiskt stegsvvar visas på bild 56. Vid följsamhetsprov drivs servot med konstant vinkelhastighet och signalgivarens vinkelskillnad mäts upp. För t ex tippvinkelservot ger en hastighet av 24°/s en vinkelskillnad på AT av 1°, varvid

$$k_v = \frac{24^\circ/s}{1^\circ} = 24 \text{ l/s}$$

Tabell 2

	Servo				
	A	B	C	R	T
Spänningsförstärkning i servoförstärkarna	110	400	250	140	140
Utspänning till motorn max V	115	115	115	33	33
Utväxling	129	482	100		
Hastighetskonstant k_v min l/s	25	25	200		

ROLLVINKELSERVO

Funktionsschema bilaga 1.

Rollvinkelservot styr kardan 5, rollkardanen i flyglägesgivaren, så att kardan 1 och 3 blir parallella, se bild 57. När flygplanet vrider sig i roll vill kardan 5 och därmed kardan 3 följa med i rörelsen. Lodgyrot behåller däremot sitt läge, varvid en spänning i första ögonblicket uppkommer på avkännaren i roll AR. Denna spänning förstärks i förstärkare A och matas in

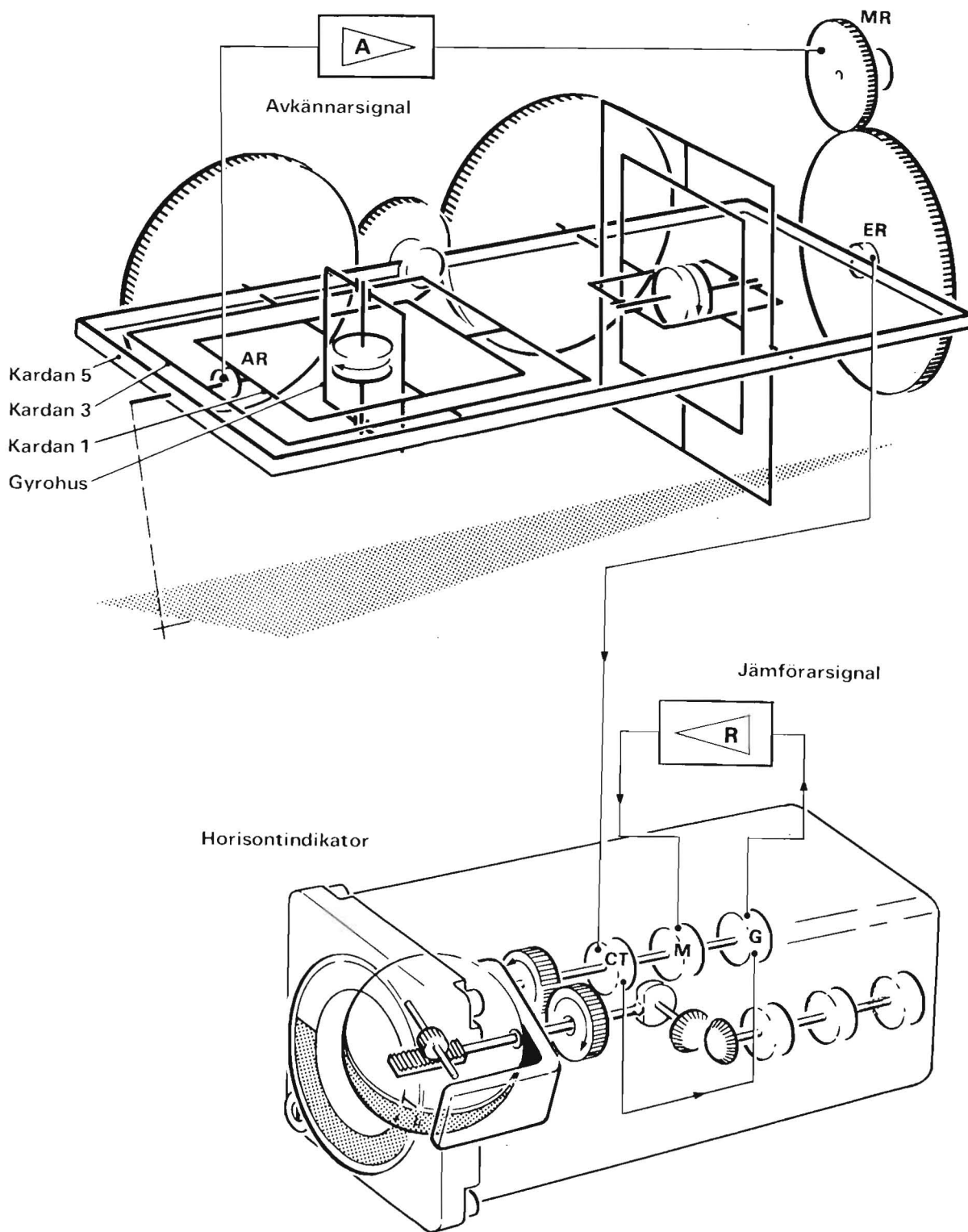


Bild 57. Rollkanal

på servomotorn i roll MR, som över rollväxeln vrider kardan 5 tills avkännarspänningen försvinner, vilket inträffar när kardan 1 och 3 är parallella. Rörelsen hos kardan 1 i förhållande till kardan 3 blir normalt mycket liten, varför rörelsefriheten begränsats till $\pm 30^\circ$.

Förstärkare A

Kretsschema bilaga 14.

Förstärkare A tar emot växelspanningen från avkännaren i roll AR, förstärker den och driver rollmotorn. Avkännarsignalen matas in på ett nät för signalblandning på ingången. Signalen förstärks i två motståndskopplade trioder. Anodlikspänning erhålls från nätenheten, som arbetar med halvvågslikriktning. Av säkerhetsskäl har nätlikriktarna dubblerats och parallellkopplats med motstånden R401 och R402, varigenom backspänningen fördelas lika över likriktarna. Förstärkningsreglering sker med potentiometern RV 101. Liksom i förstärkare B sker effektförstärkningen i en magnetförstärkare.

Transduktor till förstärkare A

Rollmotorn i flyglägesgivaren är den största motorn i FLI-23, varför transduktorn i A-förstärkaren är av halvågstyp. Härvid åtgår fyra transduktorkärnor, som fördelats på två transduktorenheter. Kretsen visas starkt förenklad på bild 58, där lindningarna för styrning och

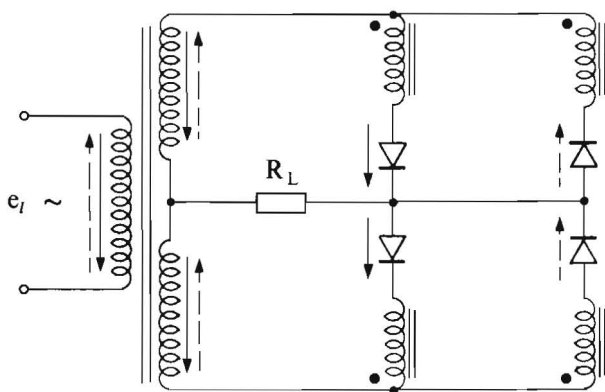


Bild 58. Slutsteg utan förmagnetisering

förmagnetisering uteslutits. Belastningen R_L är ansluten mellan likriktarna och mittpunkten på matningstransformatorn. Genom symmetrin blir spänningen över belastningen noll. Likriktarna leder parvis under de båda halvperioderna, vilket visas med heldragna och streckade pilar.

På bild 59 har endast ena transduktorparet tagits med och schemat kompletterats med en krets för förmagnetisering. Förmagnetiseringen verkar under styr-

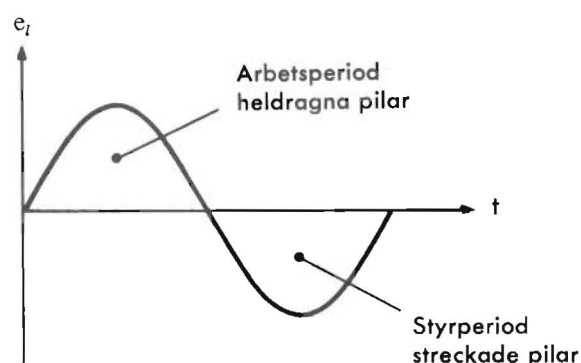
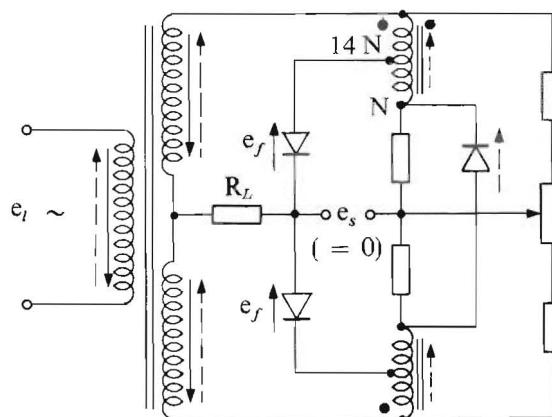


Bild 59. Slutsteg med förmagnetisering

perioden, dvs när arbetsdioderna spärrar, och strömriktningen anges med streckade pilar. På bild 59 är även inlagt ett balanseringsnät med potentiometer, vilket fungerar på samma sätt som vid den tidigare beskrivna halvågstransduktorn.

Styrspänningen på bild 59 antas vara noll. Härvid uppstår på grund av förmagnetiseringen under styrperioden lika stora spänningar e_f över dioderna i backriktningen. Vid behandlingen av den enkla kretsen konstaterades, att samma spänning (eller rättare spänningsintegral) erhålls över belastningen under arbetsperioden. Varje kärna är således styrd med spänningen e_f .

Styrspänningen e_s är i stort sett anbringad direkt över dioderna, och styrningen innebär att den ena diodspänningen minskar under det att den andra ökar. Den ena kärnan styrs under arbetsperioden upp mer än den andra och skillnadsspänningen faller över belastningen.

Ett komplett kretsschema över transduktorenheten i förstärkare A visas på bild 60.

Signalvägarna i rollvinkelservot framgår av funktionsschemat bilaga 1. Liksom vid tippvinkelservot får rollmotorn sin referensspänning från en transformator kopplad mellan flygplanets faser B och C. Transformatorn är här placerad i flyglägesgivaren. Data för rollvinkelservot finns i tabell 2.

OMSVÄNGNING

På grund av kardangeometrin varierar förstärkningen i rollvinkelservot med cosinus för tippvinkeln. Någon kompensering för detta finns inte i Fli-23. Förstärkningsändringen inverkar så att egenfrekvensen för rollkardanservot sjunker när tippvinkeln avviker från 0°. Vid tippvinkeln 90° ger en rörelse hos kardan 5 ingen utspänning från AR, varför rollkardanen här kan inta ett godtyckligt läge. När flygplanet vid looping börjar gå över i ryggläge byter utspänningen från AR polaritet, och en liten störning gör normalt att omsvängningen startar åt endera hållet.

Emellertid kan det ibland hända att omsvängningen på grund av labilt läge hos kardan 5 startar så sent, att risk finns för att lodgyrot vid hög loopinghastighet går mot sina stopp. För att förhindra detta finns i flyglägesgivaren ett system av mikrobrytare som ger en inspänning till A-förstärkaren, varigenom omsväng-

ningen startar. Kretsen finns inritad på funktions-schemat bilaga 1.

Mikrobrytaren S4, som sitter mellan kardan 3 och 5, sluts vid ±95° tippvinkel, varvid transformatorn T2 får spänning. Utspänningens polaritet från transformatorn T2 bestäms av läget hos mikrobrytarna S1 och S2. Dessa sitter på gaveln till flyglägesgivaren och påverkas av kamskivor på kardan 5. Om kardan 5 har ett läge som motsvarar roll höger, intar mikrobrytarna S1 och S2 ett sådant läge, att utspänningen från transformatorn T2 har en polaritet, som driver rollvinkelservot vidare mot roll höger. Omsvängningens riktning bestäms således av läget hos kardan 5 i det ögonblick flygplanet passerar 95° tippvinkel. Redan innan omsvängningen är avslutad bryter S4, och omsvängningssignalen till A-förstärkaren försvinner.

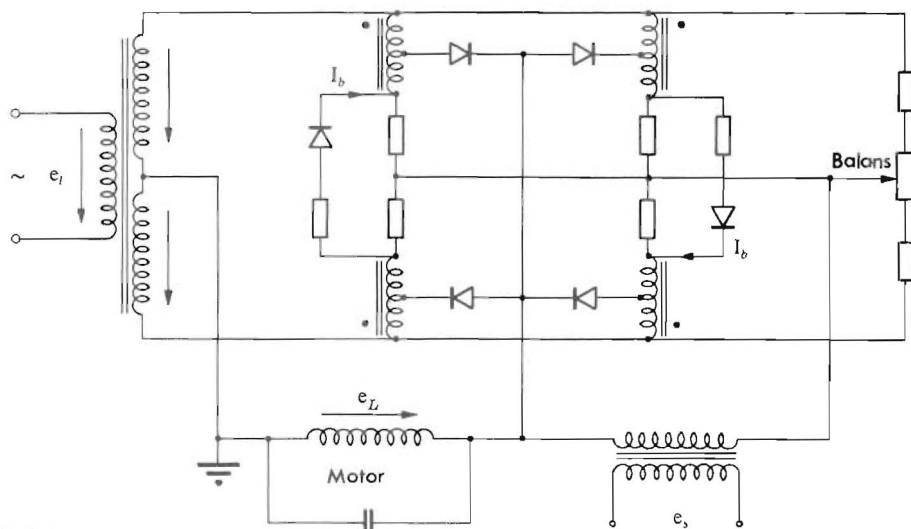


Bild 60. Transduktorenhet till förstärkare A

Förstärkare med kursaxelservo

ALLMÄNT

Kretsschema bilaga 13.

I förstärkaren sitter kursaxelservot och ett antal delförstärkare. Axelservot är ett växelströmsservo i likhet med övriga servon i Fli-23 och styrs av elgon kurs i flyglägesgivaren. Servot har en jämförare och en motorgenerator, som ställer servot i ett vinkelläge som svarar mot läget hos kurselgonen i flyglägesgivaren.

Förstärkaren innehåller delförstärkare:

- A för rollvinkelservot
- B för tippvinkelservot

- C för kursaxelservot
- L1 för rollövervakningen
- L2 för tippövervakningen
- K för kursövervakningen
- V för våghållningen

A- och B-servot har behandlats tidigare. Innan axelservot behandlas beskrivs de ingående komponenterna närmare. Övervakningsförstärkarna behandlas i avsnittet om övervakningssystemet.

ELGONER

Elgonen är en servokomponent som används för vinkelöverföring. I Fli-23 används givare, jämförare, en resolver och en momentgivare. Den sistnämnda beskrivs i samband med kursindikatorn.

Givare

En elgon består av en rotor och en stator, båda försedda med lindningar. Strömmen till rotorn överförs med borstar och släppringar. Givarens symbol framgår av bild 61.

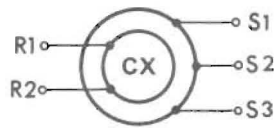


Bild 61. Givare, symbol

Givaren finns i två utföranden, dels av flat typ i flyglägesgivaren (elgon roll, tipp och kurs), dels i storlek 11 på axelservot. Den flata givaren har en rotor med spår i vilka en enfaslindning ligger. Rotorlindningen matas med 115 V, 400 Hz. Även statorn har spår i vilka ligger tre lindningar, förskjutna 120° från varandra och kopplade i stjärna. Givaren i storlek 11 har en H-formad rotor med en enfaslindning. Statorns lindningar ligger i spår. Givaren matas med 26 V 400 Hz.

Elgongivaren arbetar i princip som en vridtransformator, där utspänningarna från statorn blir en funktion av rotorns läge i förhållande till statorns. Utspänningarna har frekvensen 400 Hz och ligger samtliga i fas med rotorspänningen, bortsett från en liten positiv fasvridning på ca 5° orsakad av lindningsresistansen. Bild 62 visar statorspänningarnas effektivvärde som funktion av rotorns vinkelläge θ .

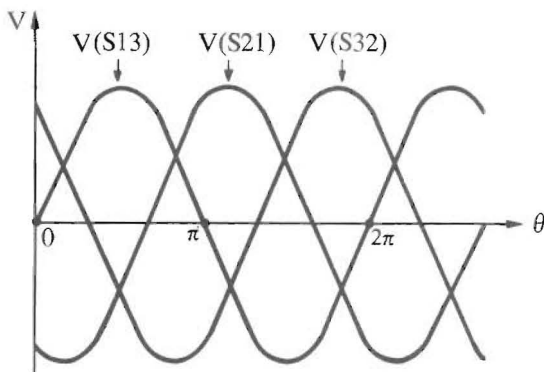


Bild 62. Givare, statorspänningar

Statorspänningarnas momentanvärden kan skrivas:

$$v(S13) = k V(R21) \sin(\omega t + \varphi) \sin \theta$$

$$v(S32) = k V(R21) \sin(\omega t + \varphi) \sin(\theta + 120)$$

$$v(S21) = k V(R21) \sin(\omega t + \varphi) \sin(\theta + 240)$$

k = en konstant

$v(R21)$ = rotorspänningens effektivvärde

$v(S13)$ = statorspänningen mellan uttag 1 och 3 osv

φ = givarens fasvridning

θ = rotorns vinkelläge

$\omega = 2\pi f$, där $f = 400$ Hz

När givaren är nollställd är $\theta = 0$. θ räknas positiv när rotorn vrids moturs sett mot axeländan. Givaren är nollställd när vid matning mellan R1—R2 följande villkor är uppfyllda:

- Grovläge: Spänningarna $V(S21)$ och $V(S23)$ ligger i fas med $V(R12)$.
- Finläge: Spänningen $V(S13) = 0$
- Rotationskontroll: När rotorn vrids i positiv riktning (moturs) från nollläget skall $V(S21)$ öka.

Givarens noggrannhet bestäms av dess felkurva. Det maximala vinkelfelet hos givarna i Fli-23 får uppgå till $\pm 10'$. Maximal utspänning från givaren är 11,8 V vid 26 V rotormatning. Givarens utimpedans görs låg. Därvid kan man begränsa storleken på jämförarens inimpedans och tillåta belastning av flera jämförare samtidigt.

Jämförare

Även jämförare finns av två typer, dels som storlek 11 på axelservot, dels som storlek 10 i horisontindikatorn.

Jämföraren har en cylindrisk rotor med spår i vilka enfaslindningen ligger. Detta ger ett homogent luftgapsflöde än med en rotor med utpräglade poler, vilket är av vikt för en jämförare. Jämförarens symbol framgår av bild 63.

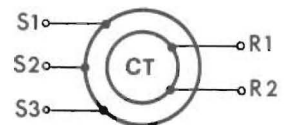


Bild 63. Jämförare, symbol

Jämföraren är nollställd när följande villkor är uppfyllda:

- Grovläge: $V(R12)$ i fas med matningsspänningen $V(S13)$.
- Finläge: Matning mellan S2 och S1, S3 (hoplagda). $V(R12) = 0$
- Rotationskontroll: Matning mellan S2 och S3. När rotorn vrids 30° i negativ riktning (medurs) från nollläget är $V(R12) = 0$.

Även jämförarens noggrannhet bestäms av dess felkurva.

Komplett elgonsystem

I ett komplett elgonsystem kopplas givaren och jämföraren ihop enligt bild 64. På bilden betecknar:

- V_1 = givarens matningsspänning
- θ_1 = givarrotorns vinkelläge
- θ_2 = jämförarroterns vinkelläge
- V_2 = jämförarens utspänning.

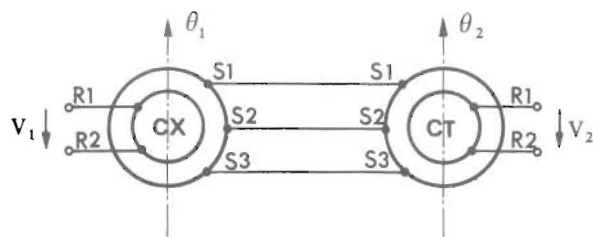


Bild 64. Komplett elgonsystem, symbol

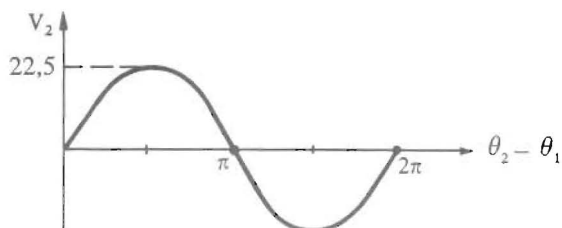


Bild 65. Komplett elgonsystem, utspänning

Med dessa beteckningar erhålls:

$$V_2 = V_0 \sin(\theta_2 - \theta_1)$$

där $V_0 = 22,5$ V, se bild 65.

För små vinkelskillnader blir $\sin(\theta_2 - \theta_1)$ lika med $\theta_2 - \theta_1$, och elgonsystemets känslighet lika med 22,5 V/rad eller

$$22,5 \frac{\pi}{180} = 0,4 \text{ V/}^\circ.$$

När statorlindningarna är hopkopplade enligt bild 64 skall rotorerna vridas lika mycket åt samma håll för att V_2 skall vara noll. Om S1 och S3 skiftas på jämföraren skall rotorerna vridas åt motsatt håll. Något tredje kopplingsalternativ ges inte.

Resolver

På axelservot sitter en resolver som används för koordinattransformationer. Resolvern är av storlek 11. Dess symbol framgår av bild 66.

Resolverns rotor och stator har spår där lindningarna ligger. Rotorn har två lindningar, R1—R3 och R2—R3, förskjutna 90° i förhållande till varandra och

hopkopplade i en punkt, uttag R3. Spänningen överförs till rotorn med tre släppringar. Statorn har likaledes två lindningar S1—S3 och S2—S4, 90° förskjutna och isolerade i förhållande till varandra.

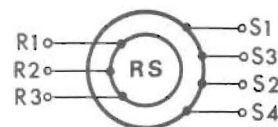


Bild 66. Resolver, symbol

Resolvern är nollställd när följande villkor är uppfyllt:

- Grovläge: $V(S42)$ i fas med $V(R13)$, $V(S31)$ i fas med $V(R23)$.
- Finläge: Matning R1—R3, $V(R23)=0$. Härvid är $V(S31)=0$.
- Rotationsriktning: Matning R1—R3, $V(R23)=0$, S1—S2 hoplagda. När rotorn vrids i negativ riktning (medurs) från nollläget minskar $V(S34)$.

Resolverns noggrannhet bestäms av dess felkurva. Denna tas upp med bryggmetoden, där de två statorlindningarna kopplas till en balanserad brygga. Det maximala vinkelfelet får hos resolvern i Fli-23 uppgå till $\pm 10'$.

Resolverar kan användas för framställning av trigonometriska funktioner, vilket skall visas med några exempel.

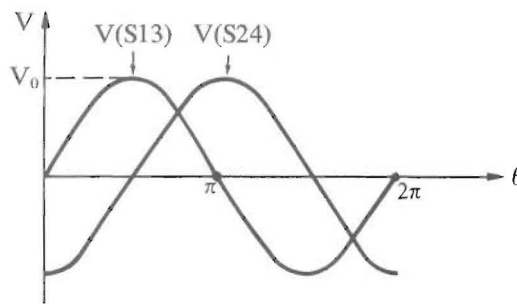


Bild 67. Resolver, statorspänningar

Om en resolver matas på den ena rotorlindningen med en spänning transformeras till de båda statorlindningarna spänningar, som beror av rotorns läge i förhållande till statorn, se bild 67. Spänningarna kan skrivas:

$$V(S13) = V_0 \sin \theta$$

$$V(S24) = V_0 \cos \theta$$

där θ = rotorns vinkelläge.

Om två resolverar kopplas mot varandra enligt bild 68 erhålls en vinkelsummation. Resolvern med rotorläget θ_1 (givarresolvern) matas på rotorn med en spänning V . Om omsättningen i resolvern är N_1 blir de båda statorspänningarna:

$$V_1 = N_1 V \sin \theta_1$$

$$V_2 = N_1 V \cos \theta_1$$

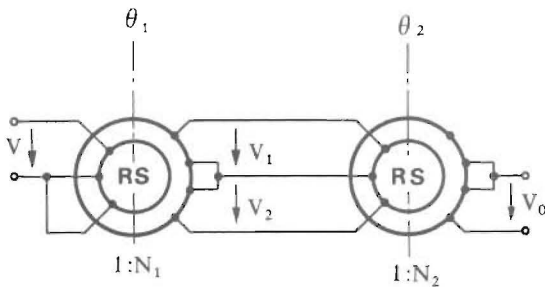


Bild 68. Vinkelsummation med resolverar

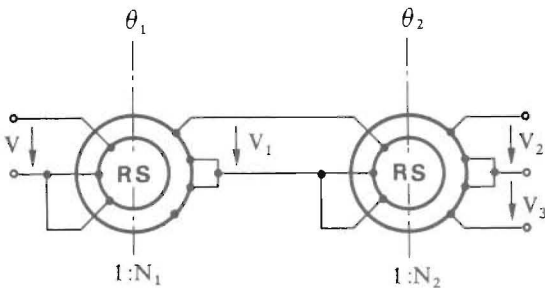


Bild 69. Multiplikation med resolverar

Dessa spänningar tas emot av resolvern med rotorläget θ_2 och omsättningen N_2 (jämförarresolvern) och transformeras till dess stator, där summaspänningen V_0 blir:

$$V_0 = N_2 V_1 \cos \theta_2 + N_2 V_2 \sin \theta_2$$

$$V_0 = N_1 N_2 V (\sin \theta_1 \cos \theta_2 + \cos \theta_1 \sin \theta_2)$$

$$V_0 = N_1 N_2 V \sin (\theta_1 + \theta_2)$$

Detta system av resolverar kan med andra ord ersätta en givar- och en jämförarelgon.

Genom koppling av flera resolverar i kaskad kan trigonometriska funktioner multipliceras, se bild 69. Den vänstra resolverns statorspänning blir:

$$V_1 = N_1 V \sin \theta_1$$

och utspänningen från den högra resolvern:

$$V_2 = N_2 V_1 \sin \theta_2$$

$$V_3 = N_2 V_1 \cos \theta_2$$

eller

$$V_2 = N_1 N_2 V \sin \theta_1 \sin \theta_2$$

$$V_3 = N_1 N_2 V \sin \theta_1 \cos \theta_2$$

Genom att man kombinerar flera resolverar, eventuellt med andra kopplingselement, kan man framställa komplicerade trigonometriska funktioner i form av växelspanningar.

KURSAXELSERVO

Funktionsschema bilaga 3.

Kursaxelservot är ett kopierservo för flygplanets kursvinkel. Servot styrs från kursgyrot i flyglägesgivaren med elgonen i kurs EK. Denna givarelgon kopplas mot en jämförare K2 på servot. Jämförarsignalen förstärks i förstärkare C, placerad i förstärkaren. Utspänningen från förstärkaren C driver motorgeneratoren K1 på servot, som i sin tur över en växel vrider jämförarrotern så, att dess utspänning blir noll.

C-förstärkaren är utförd på samma sätt som förstärkare B, dvs som en rörförstärkare med transduktorslutsteg. C-förstärkarens kretsschema framgår av bilaga 16.

Servots dämpning alstras liksom vid tippvinkelservot av en generator på motoraxeln. Generatorspänningen passerar i förstärkare C en särskild enhet kallad DDM-enhet innan den blandas med jämförarspänningen på förstärkaringången. DDM-enheten höjer axelservots följsamhet.

Av bild 53, som visar frekvenskaraktärstiken av ett generatordämpat servo, framgår att dämpningen sänker servots följsamhet. Detta kan undvikas om man deriverar generatorsignalen, dvs minskar den vid låga frekvenser där någon dämpning av servot inte behövs. Härvid får man en frekvenskurva enligt bild 70. DDM-enheten utför en sådan korrektion av frekvenskurvan genom att signalen

- Demoduleras
- Deriveras
- Moduleras

Ett förenklat kretsschema på DDM-enheten visas på bild 71. Ringdemodulatorn matas i ena diagonalen med referensspänning från en transformator med mittuttag. Generatorspänningen matar den andra diagona-

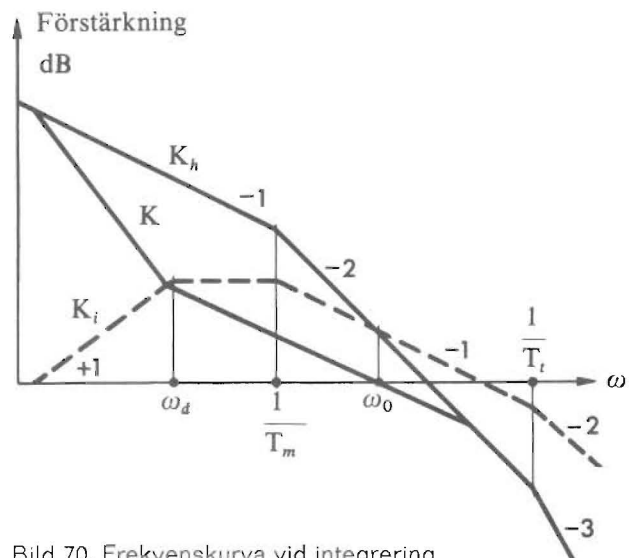


Bild 70. Frekvenskurva vid integrering

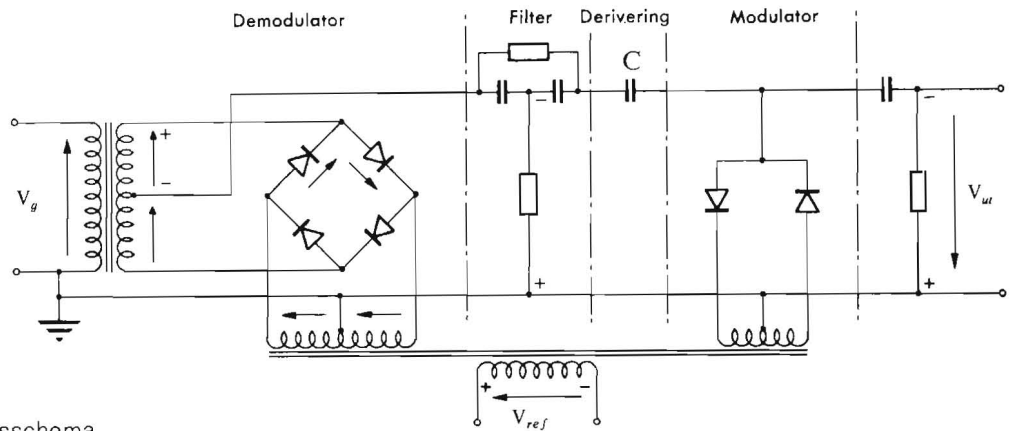


Bild 71. DDM-enhet, kretsschema

len över en ingångstransformator med mittuttag. Dioderna leder parvis en gång varje halvperiod, och mellan transformatorernas mittpunkter får man en likspänning, vars amplitud bestäms av generatorspänningens amplitud, och vars polaritet bestäms av generatorspänningens fas. Likspänningen filtreras i ett T-filter och deriveras med kondensatorn C.

Modulatorens består endast av en halv ring och arbetar som en hackare. Med den i bild 71 angivna polariteten på referensspänningen går likspänningen obehindrat fram till utgången. Under nästa halvperiod leder båda modulordioderna och likspänningen kortsluts. Utspänningen blir således en fyrkantvåg med en amplitud bestämd av likspänningens amplitud efter deriveringskondensatorn. Utspänningens fas är redan given av demodulatorens.

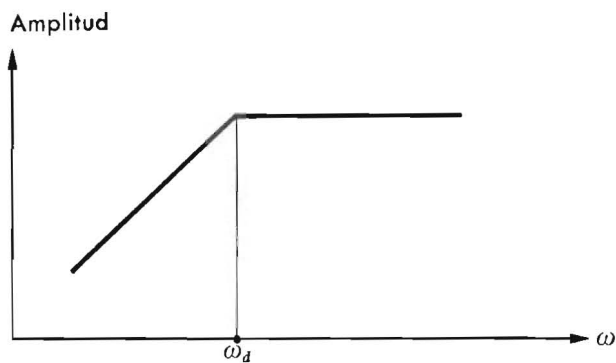


Bild 72. DDM-enhet, frekvenskurva

DDM-enhetens frekvenskurva framgår av bild 72. Brytfrekvensen ligger på ca 4 Hz. Deriveringen i dämpkretsen höjer servots följsamhet till k_p ca 300, dvs en förbättring på ca 10 gånger jämfört med övriga servon i Fli-23.

På kursaxelservot sitter utöver jämföraren K2 följande elgoner:

Beteckning	Funktion	Ger signal till
K3	Givare	Styrautomat
K4	Givare	Kursindikator
K5	Jämförare	Övervakningssystem i kurs
K6	Jämförare	Devieringssystem
K7	Resolver	Övervakningssystem i lod
K8	Jämförare	Övervakningssystem i kurs

Kopplingen framgår av kretsschemat bilaga 13.

Elgonerna och resolvern kommer att behandlas närmare i samband med deras användning. Data för servot finns i tabell 2.

MÄTUTTAG

För provning av Fli-23 med de olika enheterna monterade i flygplanet finns mätledningarna i stifttagen H och C på förstärkaren. Dessa ledningar är inritade på respektive delförstärkarens funktionsscheman, där de dragits till ett block kallat PROVUTRUSTNING. Mätledningarna går i allmänhet från in- och utgång på respektive delförstärkare. Risken för att störningar kommer in på förstärkaringångarna genom mätledningarna är liten, emedan mätuttagen gjorts på en spänningsdelare på ingången.

Mätledningarnas användning vid provning framgår av SMI fpl 35. Vid provning används serviceutrustning M3744-808111.

SAMARBETE MED STYRAUTOMATEN

Styrautomat 51, Lear 5107 A, har tre kanaler och används dels för attitydkontroll, dels för stabilisering vid manuell styrning. Attitydkontrollen innebär automatisk styrning i roll-, tipp- och kursled. Styrautomaten påverkar härvid med servon de två vingrodren och sidrodret.

Styrautomatens synkroniseringsenhet har ett servo i vardera roll-, tipp- och kursled. Vid manuell styrning följer dessa servon flygplanets lägesändringar. Servona har i princip samma utförande som i Fli-23 och styrs i roll och tipp direkt av motsvarande elgoner i flyglägesgivaren samt i kurs av elgon K3 på kursaxelservot, se kabel III bilaga 20. Servona drivs med tvåfasmotorer matade med förstärkare.

Vid inkoppling av styrautomatens attitydkontroll är styrsignalerna noll. Servona i synkroniseringsenheten låses och synkroniseringsdonen ger styr signaler proportionella mot flygplanets lägesändringar. Dessa läges signaler blandas med återföringssignaler från rodren och med dämpsignaler, proportionella mot rodrens hastighet och acceleration. Den resulterande signalen påverkar sedan rodren över roderservona.

Attitydkontrollfunktionen kan endast kopplas in när felvarningsflaggan i horisontindikatorn är infälld. Detta regleras av ett relä i styrautomaten parallellkopplat med felvarningsrelät i horisontindikatorn.

Horisontindikator

ALLMÄNT

Kretsschema bild 73.

På horisontindikatorn kan flygföraren läsa av flygplanets läge i lod dvs flygplanets roll- och tippvinkel. Horisontindikatorn har en gaffel rörlig i rollled. I gaffeln är ett klot lagrat, som är rörligt i tippled. Gaffeln har en rollskala som kan läsas av mot ett fast index på fronten. På klotet finns en horisontlinje och en tippskala, som kan läsas av mot en stiliserad flygplansbild.

ROLLSERVO

Funktionsschema bilaga 4.

Inställningen av gaffeln i horisontindikatorn sker med ett servo styrt av rollelgonen i flyglägesgivaren, se bild 57. Jämförarspänningen förstärks i servoförstär-

SAMARBETE MED SIKTET

Flygplanets sikte, typ 6B, används vid skjutning mot mark- eller luftmål. Med hjälp av siktet kan flygföraren kontinuerligt korrigera flygplanets läge i förhållande till målet.

Sikteshuvudet sitter framför flygföraren i förarrummet och innehåller en mörkerdel och en dagdel. I mörkerdelen erhålls siktesbilden på ett bildrör, i dagdelen från ett gyrostyrt spegel- och linssystem.

På siktets bildrör alstras bl a en konsthorisont. Signaler från elgonerna i Fli-23, se bilaga 20, matas in på siktesförstärkaren, där de omvandlas och tillförs sikteshuvudet för alstring av konsthorisonten.

Till siktet hör en räkneenhet, korrektören, vilken beräknar träffvillkoren. Beräkningarna utförs med hjälp av bl a signaler från Fli-23. De utgående signalerna från korrektören matas till spolar i siktesgyrot, varvid dess läge korrigeras för framförhållning etc.

karen, som beskrivs i nästa avsnitt. Förstärkaren driver horisontindikatorns rollmotor, som över rollväxeln ställer gaffeln och jämföraren i ett sådant läge, att jämförarspänningen blir noll. Servot är stabiliserat av en generator på motoraxeln.

TIPPSERVO

Funktionsschema bilaga 5.

Inställningen av klotet i horisontindikatorn sker med ett servo styrt av tippelgonen i flyglägesgivaren, se bild 37. Jämförarspänningen förstärks i servoförstärkaren som driver tippmotorn. Denna påverkar över tippväxeln en kam som förskjuter en axel försedd med en kuggstång. Kuggstången påverkar en tandad axel på

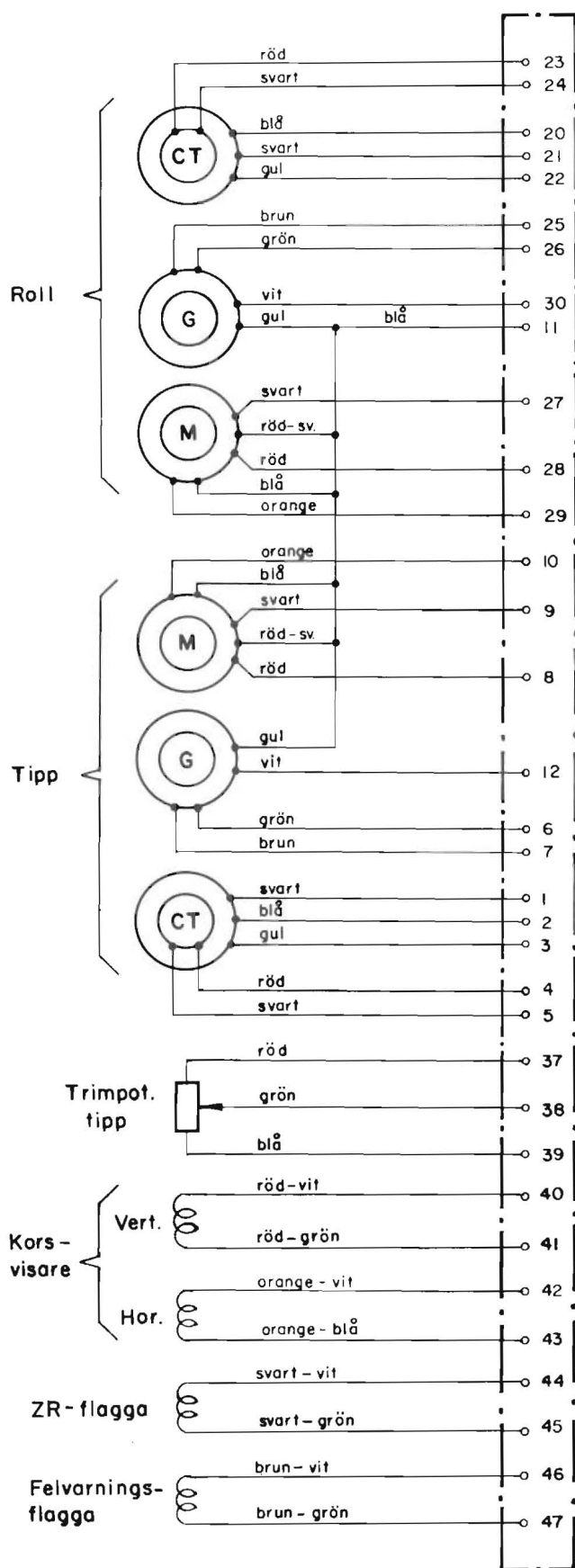


Bild 73. Horisontindikator, kretsschema

vilken klotet sitter. Tippväxeln driver även jämförarrotorn som styrs tills jämförarspänningen blir noll. Även tippservot är generatorstabiliserat.

Liksom i roll är dämpgenerators spänning seriekopplad med jämförarspänningen, men i tipp ligger dessa spänningar dessutom i serie med en trimspänning som tas ut mellan löparna på två potentiometrar. Den ena potentiometern sitter i horisontindikatorn, den andra i servoförstärkaren. Potentiometrarna är parallellmatade med en spänning som är något positivt fasvriden i förhållande till referensspänningen. Även generators primärspänning är positivt fasvriden för att sekundärspänningen skall få samma fas som tippjämförarens signalspänning. Med endera trimtpotentiometern kan klotets läge i tipp ändras ca $\pm 20^\circ$, varvid t ex avläsningsfel på grund av parallax kan trimmas bort. Vid byte av servoförstärkaren används förstärkarens potentiometer vid trimningen.

VARNINGSFLAGGOR

Till vänster på horisontindikatorn finns en varningsflagga märkt GYRO, som vid normal drift är infälld. Flaggan ingår i felvarningssystemet och behandlas närmare i avsnittet om snabbstabilisering.

Nedtill finns en varningsflagga märkt ZR. Den blir synlig när navigeringsradarns, PN-507/A, funktionsväljare ställs i andra lägen än LANDN.

KORSVISARE

Framför klotet finns en korsvisare som består av en vertikal och en horisontal visare. Korsvisaren ingår liksom ZR-flaggan i landningsfunktionen. Korsvisaren presenterar de höjd- och sidinformationer som behövs för instrumentlandning. Dessa informationer erhålls från datasystemets, DS 1, kretsar för glidbaneberäkning. Följer flygplanet den beräknade glidbanan korsar visarna varandra i centrum på indikatorn.

När navigeringsradarns funktionsväljare ställs i läge LANDN startar radarn ett sökningsförlopp. Den frågepulsgrupp som sänds ut tas emot av den landningsfyr som är inställd på samma kanal. När radarn får kontakt med landningsfyren indikeras på ett panelinstrument avståndet till den punkt på landningsbanan där flygplanet skall ta mark samt sidavvikelsen i förhållande till inflygningslinjen.

Landningsfyrens antensystem sänder ut pulser i två lobar, en på vardera sidan om inflygningslinjen. PN-507/A får information om flygplanets läge i förhållande till inflygningslinjen genom att jämföra signalstyrkorna från de båda loberna. På inflygningslinjen har de båda loberna samma signalstyrka. Vid sidan om inflygnings-

linjen ökar den ena lobens signalstyrka medan den andra avtar.

Sidinformationen från PN-507/A matas till flygplanets datasystem DS 1, se förenklat blockschema bild 74. Efter impedansomvandling i en katodföljare matas spänningen till den vertikala visaren (sidvisaren) på Fli-23 horisontindikator. När flygplanet flyger på inflygningslinjen till banan står sidvisaren i centrum på indikatorn.

Även den horisontala visaren (höjdvisaren) styrs från datasystemet med hjälp av dess servoenhet.

heten har bl a ett avståndsservo med givare och elektronik för beräkning av glidbanan. Avståndsservot får insignal från navigeringsradarn och lämnar utsignal till en summator. Till summatorn matas dessutom signaler dels från datasystemets höjdservo, styrt av pitotsystemet, dels från en marktryckinställare, där manuell korrigering kan ske med hänsyn till det marktryck som råder på landningsbanan. I summatorn bearbetas signalerna och matas sedan till höjdvisaren på Fli-23 horisontindikator. Om flygplanet följer den beräknade glidbanan står höjdvisaren i centrum på indikatorn.

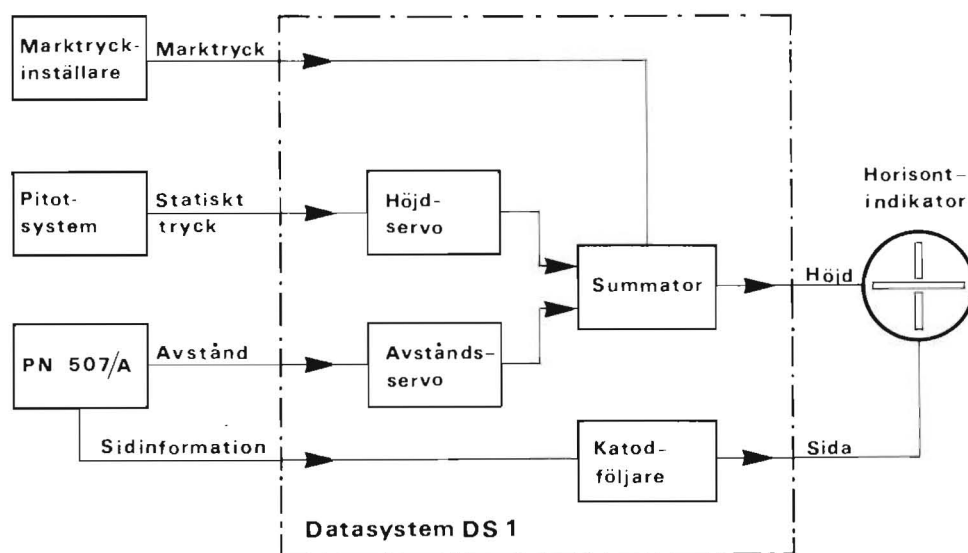


Bild 74. Datasystem

Servoförstärkare

ALLMÄNT

Kretschema bild 75.

Servoförstärkaren innehåller två förstärkare med samma utförande för horisontindikatorns roll- och tippkanal. Förstärkarna matas med signaler från roll- respektive tippjämföraren i horisontindikatorn. Dessa signaler förstärks och matas till styrlindningarna på servomotorerna. Vardera förstärkaren innehåller en nät-del som förser transistorerna med likspänning.

Data för förstärkaren:

Spänningsförstärkning	140 gånger
Maximal uteffekt	2,5 W
Ingångsimpedans	40 k Ω

NÄTDEL

Nättransformatorn matas med 115 V, 400 Hz mellan stift 7 och 12, där 12 är jordat. Från stift 8 matas generatoren med 26 V och från stift 11 servomotorns referenslindning. Kondensatorn C204 vrider spänningen 90° i förhållande till styrspanningen. Likspänning erhålls från en fullvågsbrygga, symmetriskt matad med 33 V. Filtrering sker med R210 och C205.

INGÅNGSTRANSFORMATOR

Ingångstransformatorn tjänstgör som fasvärdare till förstärkaren samtidigt som den isolerar ingången från nätjord. Fyra ingångar finns, varav tre har blandningsmotstånd.

FÖRFÖRSTÄRKARE

Förförstärkaren består av transistorerna Q201 och Q202 med kopplingselement. Transistorerna arbetar i mottakt i klass A. Arbetspunkten ställs in på konventionellt sätt genom en spänningsdelare på basen, se bild 76.

Spänningen över basmotståndet R blir lika med spänningsfallet över emittermotståndet R206 plus framspänningsfallet i bas-emitterdioden. Spänningsfallet över R bestämmer således emitterströmmen och därmed kollektorströmmen i arbetspunkten och basströmmen motsvarar ungefär kollektorströmmen dividerat med strömförstärkningen i transistor.

Temperaturkompensering sker med termistorn RT201 som har negativ temperaturkoefficient, dvs resistansen minskar när temperaturen ökar. Kollektorströmmen ökar nämligen med temperaturen, vilket höjer temperaturen i transistor. Strömmen ökar ytterligare osv varvid transistoren kan förstöras. Detta motverkas genom att R och därmed basspänningen bringas att minska.

Växelspänningsmässigt arbetar förstärkaren enligt bild 77. Med den visade polariteten på inspänningen minskas basströmmen till Q201 med ett belopp ΔI_b medan basströmmen till Q202 ökas lika mycket. När basströmmen minskar minskar även kollektorströmmen, varvid spänningen över kollektorimpedansen ökar. Med den visade polariteten på inspänningen kommer således potentialen på utgångstransformatorns

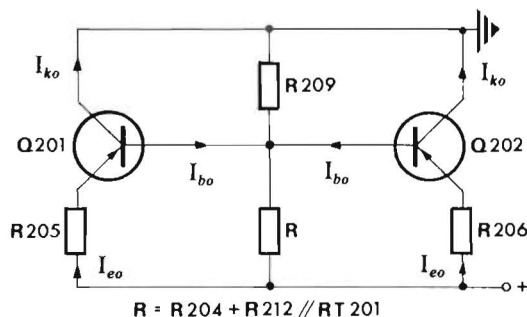


Bild 76. Drivsteg

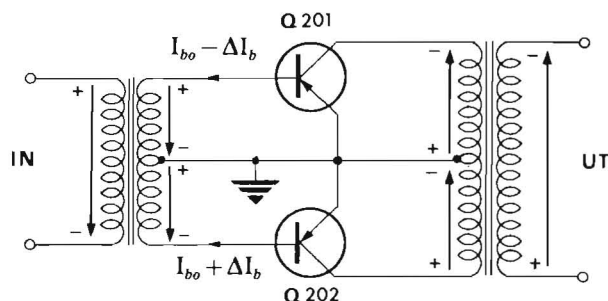


Bild 77. Drivsteg

övre ände att sjunka och potentialen på den nedre änden att öka. Under nästföljande halvperiod blir polariteterna omvända. Utspänningen kommer således att ligga i motfas mot inspänningen. Transformator T201 B är avstämd till 400 Hz med kondensatorn C202 i serie med motståndet R213.

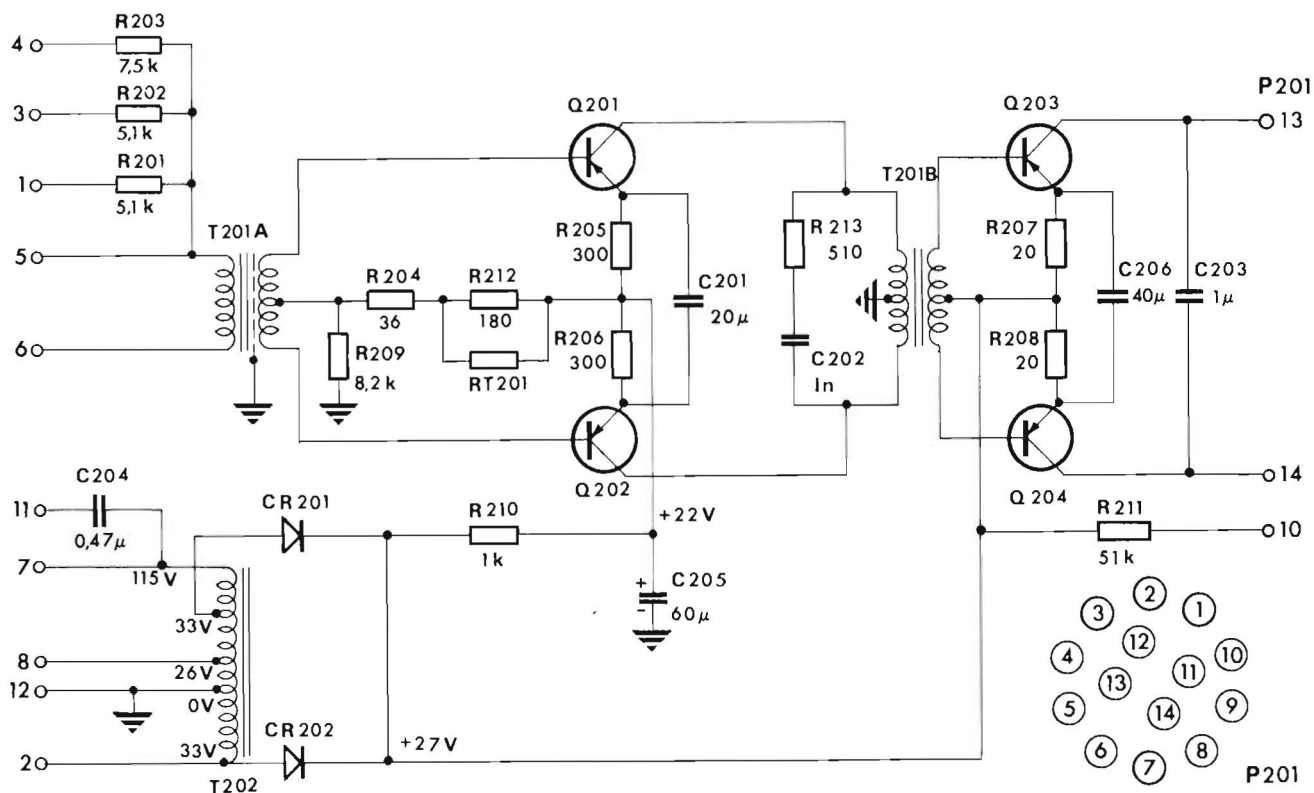


Bild 75. Servoförstärkare, kretsschema

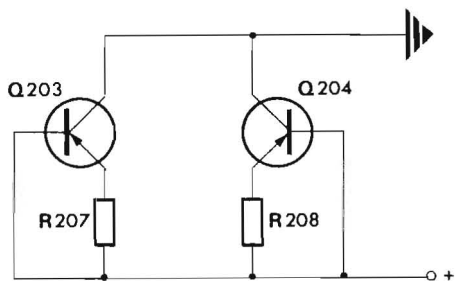


Bild 78. Slutsteg

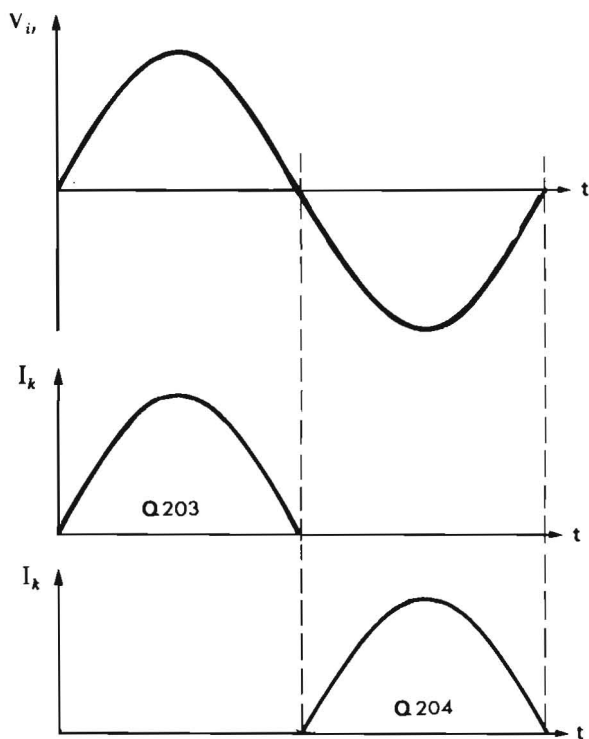


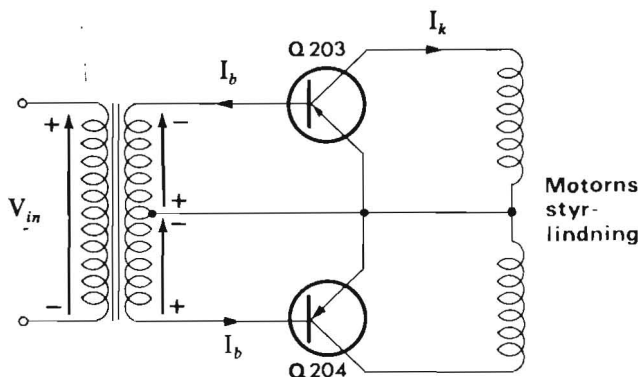
Bild 79. Slutsteg

SLUTSTEG

Detta består av transistorerna Q203 och Q204 med tillhörande kopplingselement. Även dessa transistorer arbetar i mottakt. Likspänningsmässigt är slutstegets transistorer kopplade enligt bild 78. Här finns ingen förspänning på basen, varför praktiskt taget inga vilostömmar flyter. Slutsteget arbetar i klass B.

Växelspänningsmässigt arbetar slutsteget enligt bild 79. Med den visade polariteten på inspänningen flyter en basström I_b , enligt bilden. Härvid kommer en kollektorström I_k att flyta i Q203. Däremot blir Q204 strypt och ingen kollektorström flyter. Under nästa halvperiod leder Q204 och Q203 är strypt. Kollektorströmmarna framgår av bild 79.

Över motorns styrlindning alstras en växelspänning som har motsatt fas mot inspänningen. Motorn är avstämmd med kondensatorn C203 varvid belastningen på slutsteget blir resistiv. Emittormotstånden R207 och R208 förhindrar strömrusning vid hög omgivningstemperatur.



Kursindikator

ALLMÄNT

Kretsschema bild 80.

På kursindikatorn kan flygföraren läsa av flygplanets kurs. Kursen indikeras av en visare, som kan läsas av mot en fast skala. På visaraxeln sitter en momentelgon. Kursindikatorn styrs av elgon K4 på kursaxelservot, se bilaga 6. Båda elgonernas rotorerna matas med spänning, givaren med 26 V och momentelgonen med 40 V från transformatorn i kursindikatorn. Elgonsystemet är kopplat enligt bild 81, där rotorernas lägen motsvarar kurs 0°.

Givaren är nollställd på konventionellt sätt, varvid spänningen mellan S1 och S3 är noll. Momentgivaren är nollställd på samma sätt, varvid spänningen mellan gul och blå lindning är noll när visaren pekar mot skalans nollstreck. I detta läge överensstämmer riktningarna på flödena i momentgivarens stator och rotor, och momentet på rotorn blir noll.

Om givarrotorn vrids en vinkel ψ från nollläget vrider sig flödet motsvarande vinkel, och momentgivarens rotor utsätts för ett moment, som vill vrida rotorn tills

rotorflödets riktning stämmer överens med statorns. Statorströmmarna växer approximativt med sinus för vinkelskillnaden. Momentet, se bild 82, är störst vid 90° och är för små vinklar proportionellt mot vinkelskillnaden mellan givaren och momentelgonen. Momentet är ca 0,6 pcm/grad.

Denna princip för inställning av indikatorn är enkel, eftersom man slipper växlar och servoförstärkare. En nackdel är emellertid att dämpningen blir dålig. Dämpningen kan förbättras genom att man för in små dämpmotstånd i de tre statorledningarna, men härigenom försämras momentet och därmed inställningsnoggrannheten. Dämpningen i kursindikatorn i Fli-23 förbättras i stället genom att en svängmassa är kopplad genom friktion till momentelgonens rotoraxel. För att klargöra principen för dämpningen behandlas först ett system med enbart viskös dämpning, därefter dämpning med en fri massa, även här visköst dämpad. Det sistnämnda kallas tröghetsdämpning.

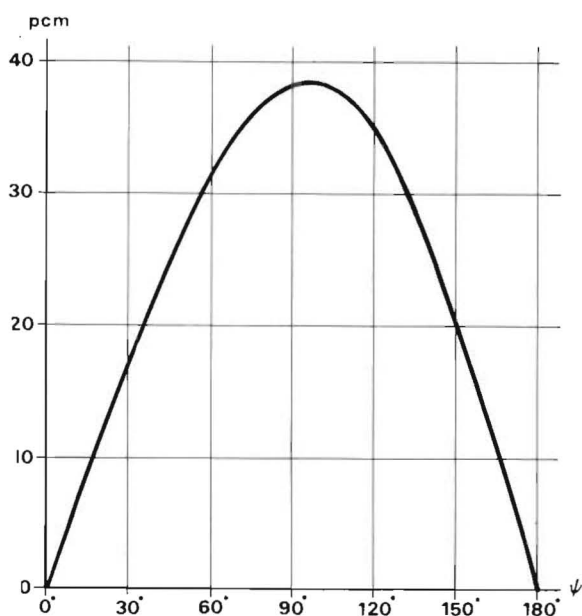


Bild 82. Momentkurva

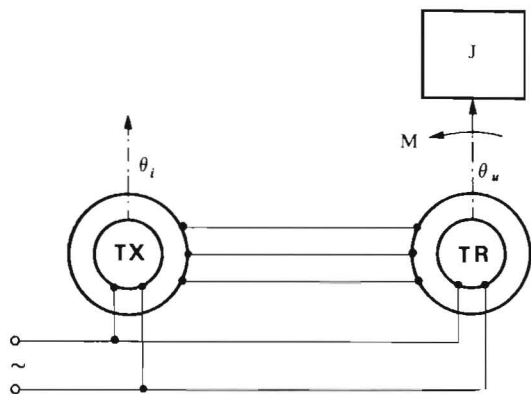


Bild 83. Momentgivare utan integrering

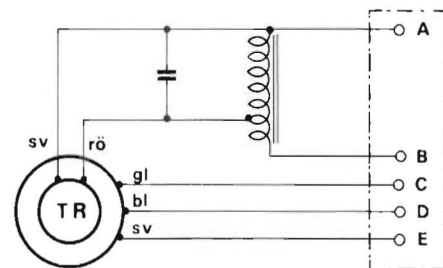


Bild 80. Kursindikator, kretsschema

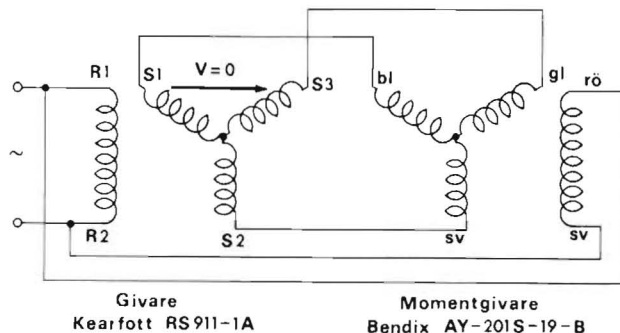


Bild 81. Momentgivare

VISKÖS DÄMPNING

Systemets uppbyggnad framgår av bild 83. Momentet blir proportionellt mot vinkelskillnaden mellan rotorerna och kan skrivas

$$M = k (\theta_i - \theta_u) = k \epsilon$$

Detta moment ger momentgivarens axel med belastning en acceleration, och man får ett motmoment

$$M_1 = J s^2 \theta_u$$

J är totala tröghetsmomentet. Vidare skall ett dämpmoment övervinnas

$$M_2 = B s \theta_u$$

B är den viskösa dämpfaktorn. De tre momenten skall balansera varandra, varvid man erhåller

$$M = M_1 + M_2$$

$$k \epsilon = J s^2 \theta_u + B s \theta_u$$

Härav erhålls

$$\frac{\theta_u}{\epsilon} = \frac{\frac{k}{B}}{s(1 + \frac{J}{B} s)}$$

$$k_m = \frac{k}{B}$$

$$T = \frac{J}{B}$$

$$\frac{\theta_u}{\epsilon} = \frac{k_m}{s(1 + Ts)}$$

Ett blockschema och en frekvenskaraktäristik visas på bild 84. Härav framgår att systemet har samma karaktäristik som ett växelströmsservo med motor utan generatordämpning. Brytfrekvensen bestäms av tidkonstanten T , vilken i sin tur beror på tröghetsmomentet och dämpningen.

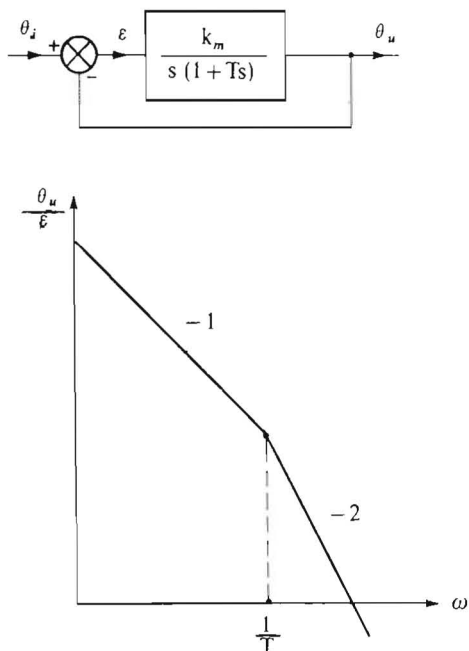


Bild 84. Blockschema

TRÖGHETSDÄMPNING

Systemets uppbyggnad framgår av bild 85. Det drivande momentet blir enligt föregående

$$M = k \epsilon - B s \theta_u$$

Detta moment ger utaxeln en acceleration, varvid man får ett motmoment

$$M_1 = J s^2 \theta_u$$

Det drivande momentet skall här även övervinna motmomentet M_o från massan J_o .

$$M_o = B_o s (\theta_u - \theta_o)$$

θ_o är den tröga massans vinkeläge. Momenten balanserar varandra, varvid man erhåller

$$M = M_1 + M_o$$

$$k \epsilon - B s \theta_u = J s^2 \theta_u + B_o s (\theta_u - \theta_o)$$

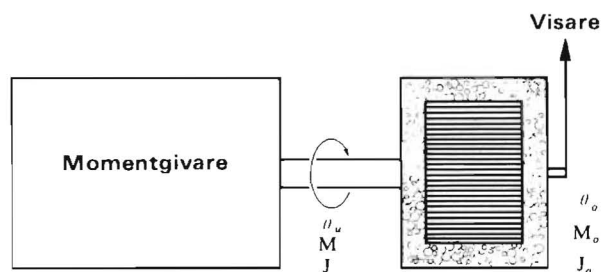


Bild 85. Momentgivare med integrering

Vinkeln θ_o erhålls ur villkoret att momentet M_o skall ge den tröga massan en acceleration, vilket ger

$$M_o = B_o s (\theta_u - \theta_o) = J_o s^2 \theta_o$$

J_o är massans tröghetsmoment. Ur den sista ekvationen erhålls

$$\frac{\theta_o}{\theta_u} = \frac{1}{1 + \frac{J_o}{B_o} s}$$

$$T_o = \frac{J_o}{B_o}$$

$$\frac{\theta_o}{\theta_u} = \frac{1}{1 + T_o s}$$

Om detta villkor sätts in i den ursprungliga momentekvationen erhålls

$$\frac{\theta_u}{\epsilon} = \frac{k_m (1 + T_o s)}{s [1 + s (T + T_o + \frac{B_o}{B}) + T T_o s^2]}$$

Vid lämplig dimensionering får nämnaren två reella rötter och överföringsfunktionen kan skrivas

$$\frac{\theta_u}{\epsilon} = \frac{k_m (1 + T_o s)}{s (1 + T_1 s) (1 + T_2 s)}$$

Frekvenskaraktäristiken framgår av bild 86. Systemet blir dämpat genom att en integrering med tidkonstanten T_1 och en deriviering med tidkonstanten T_o förts in. Frekvenskurvas förlopp stämmer i princip överens med kursaxelservots, jämför bild 70.

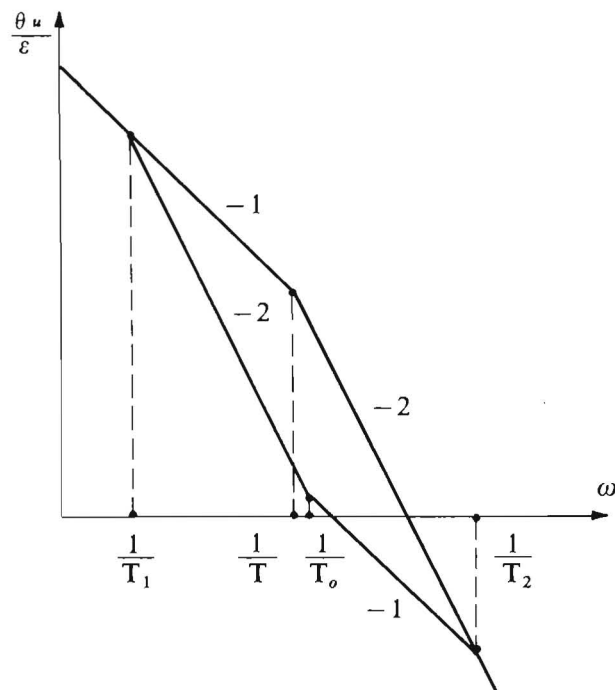


Bild 86. Frekvenskurva

Övervakning

ALLMÄNT

I detta avsnitt behandlas övervakningen av lodgyrot och kursgyrot i flyglägesgivaren.

Övervakningssystemet i lod styrs av pendlarna PR och PT på kardan 3. När pendelvikten svänger ut från lodläget får man en spänning som förstärks i övervakningsförstärkarna L1 (roll) och L2 (tipp). Övervak-

ningsförstärkarna matar sedan vridmotorerna VR och VT som ger moment på lodgyrot. Detta precederar därvid tills pendelspänningarna blir noll, då momenten försvinner.

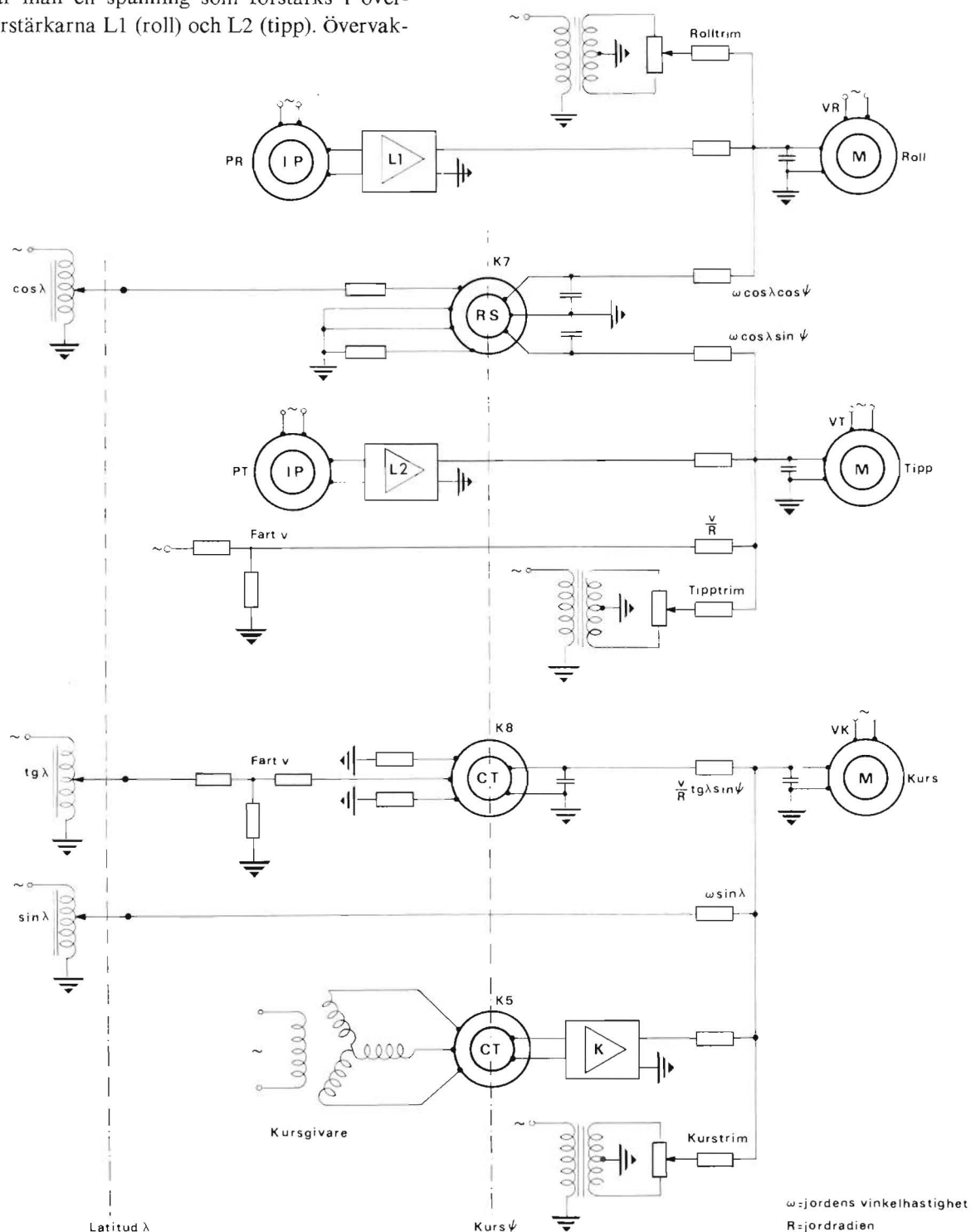


Bild 87. Övervakning och kompensering

Kursgyrot är övervakat i våg och i kurs. Våghållningen styrs av avkännaren AV mellan gyrohuset och kardan 2. Avkännarspänningen förstärks i våghållningsförstärkaren V. V-förstärkaren matar sedan vridmotorn i våg VV, varvid kursgyrot precederar i våg tills avkännarspänningen försvinner.

Övervakningssystemet i kurs styrs av den magnetiska kursgivaren. Denna kan liknas vid en givarelgon vars statorspänningar beror av kursgivarens inriktning i det jordmagnetiska fältet. Kursgivaren belastas med jämföraren K5 på kursaxelservot. Om kursgyrot driver ut i kurs får man en spänning från jämföraren. Spänningen förstärks i förstärkaren K som matar vridmotorn i kurs VK, varvid kursgyrot precederar i kurs. Härvid följer kursaxelservot med i rörelsen som avstannar när rotorspänningen från jämföraren K5 försvinner. Ett blockschema över kompensering- och övervakningssystemet visas på bild 87.

För att man efter start av Fli-23 snabbt skall kunna ställa in gyrona till sina rätta lägen finns ett system för snabbstabilisering. Övervakningsförstärkarna styrs härvid på samma sätt som vid normal övervakning, men genom reläer i övervakningsförstärkarna höjs spänningarna till vridmotorerna, varvid precessionshastigheterna ökar. Snabbstabiliseringen startas med knappen på instrumentpanelen och bryts automatiskt när gyrona intagit rätta lägen.

För fintrimning av gyrodriften finns tre potentiometrar. Dessa sitter i en brunn på flyglägesgivarens frontkåpa och är täckta av ett lock. Vardera potentiometern lämnar en spänning proportionell mot utvidningen från mittläget, se bild 87. Trimområdet är $\pm 5^\circ/\text{h}$ i roll, tipp och kurs.

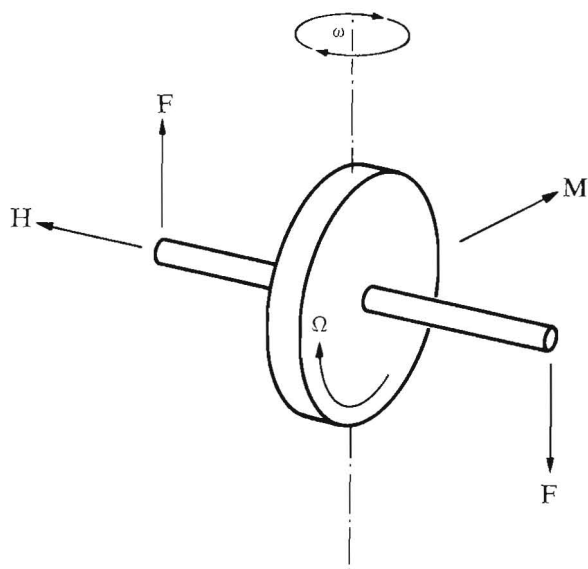


Bild 88. Gyrosnurra

PRECESSION

Den egenskap hos gyrot som utnyttjas i övervakningssystemet är precessionen, varmed menas gyrots beteende när det påverkas av ett moment. När en fritt upphängd snurra är opåverkad av krafter (moment) bibehåller den sitt läge i rymden i förhållande till en fixstjärna. Denna egenskap har tidigare omnämnts i samband med verkningssättet hos flyglägesgivaren.

När man lägger på ett moment vinkelrätt mot snurrans rotationsaxel vrider sig denna, gyrot precederar. Rörelsen (precessionen) sker kring en axel vinkelrätt mot det plan, som bildas av momentvektorn M och gyrots rörelsemängdsmomentvektor H , se bild 88.

Momentet M kan tänkas härröra från ett kraftpar $F-F$, anbringat på snurrans rotationsaxel. Precessionshastigheten ω blir

$$\omega = \frac{M}{H} = \frac{M}{J\Omega}$$

där ω = precessionshastigheten i rad/s.

M = pålagt moment i Nm

H = rörelsemängdsmomentet i Nms.

Ett konstant moment ger således en konstant vinkelhastighet hos snurrans axel. Precessionsriktningen blir sådan, att H -vektorn strävar att ställa sig parallellt med momentvektorn. En tumregel är att man kan vrida kraften 90° i snurrans rotationsriktning, varvid den visar åt vilket håll axeländan rör sig.

Rörelsemängdsmomentet för en snurra är

$$H = J \cdot \Omega$$

där H = rörelsemängdsmomentet i Nms

J = snurrans tröghetsmoment kring rotationsaxeln i kgm^2

Ω = snurrans rotationshastighet i rad/s

För snurrorna i flyglägesgivaren är $H = 1,2$ Nms och ett moment $M = 1$ pcm ger en precessionshastighet $\omega = 17^\circ/\text{h}$.

PENDEL

Pendeln fungerar i princip på samma sätt som avkännaren, se bild 38. Den fyrpoliga rotorn har emellertid en pendelvikt. Statorn sitter i ett pendelhus i vilket rotorn är lagrad. Pendeln är fylld med olja som dämpar det rörliga systemet.

Data för pendeln är:

Primärspänning	11,4 V
Känslighet	0,5 V/ $^\circ$
Fasvridning	+15 $^\circ$ till +20 $^\circ$

Bild 89 visar pendelns karaktäristik och bild 90 pendelns symbol och uttagsmärkning. Bild 90 definierar även pendelspänningens polaritet när pendelhuset vrider sig medurs från nollläget, sett framifrån.

Pendlarna på kardan 3 matas med en transformator på kardanen.

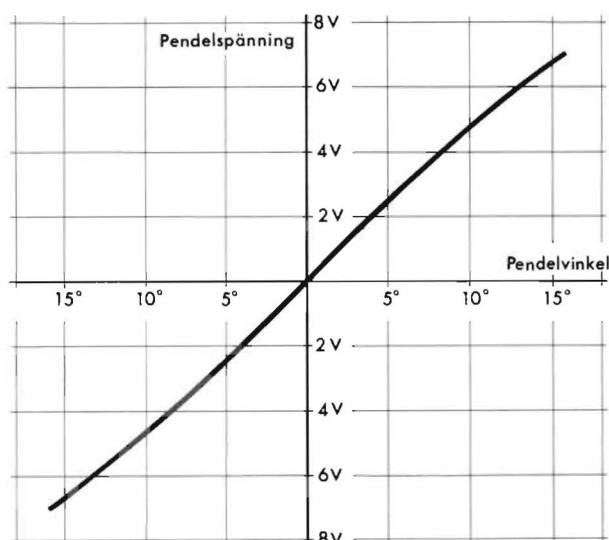


Bild 89. Pendel, karaktäristik

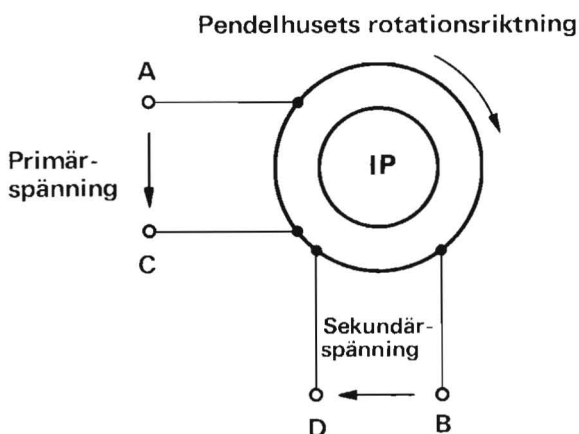


Bild 90. Pendel, symbol

VRIDMOTOR

Vridmotorerna matas med spänning från övervakningsförstärkarna och ger det erforderliga momentet för gyrots precession. I flyglägesgivaren finns fyra vridmotorer, VR, VT, VV och VK, av vilka de tre första har samma utförande. VK liknar de tre andra men ger högre moment. Vridmotorn arbetar på samma sätt som en tvåfasmotor och har således en referenslindning och en styrlindning. Antalet poler är 20.

Momentet kan skrivas

$$M = k \cdot \frac{V_1 V_2}{\sqrt{Z_1 Z_2}} = k \sqrt{2 P_1 P_2}$$

där M = momentet i pcm

- V₁ = spänningen på referenslindningen
- V₂ = spänningen på styrlindningen
- P₁ = effektutvecklingen i referenslindningen
- P₂ = effektutvecklingen i styrlindningen

Detta moment ger en precessionshastighet

$$\omega = 10 \sqrt{P_1 P_2} / \text{min}$$

Vridmotorn arbetar med styrlindningen avstämd med en kondensator C. Lindningen har impedansen Z₂ med fasvinkeln ca 45°. Efter avstämning blir impedansen reell och lika med Z₀, där

$$Z_0 = Z_2 \cdot \sqrt{2} = \frac{1}{\omega C}$$

Data för vridmotorerna finns i tabell 3.

Tabell 3

		VR, VT, VV	VK
Referenslindning			
Impedans	kΩ	3,3	1,1
Max spänning	V	200	200
Max effekt	W	8,6	25
Styrlindning			
Impedans	kΩ	2,0	0,68
Do avstämd	kΩ	3,0	0,96
Max spänning	V	125	120
Max effekt	W	5,2	15
Moment vid max spänning	pcm	216	630
Precessionshastighet	°/min	60	180

Maximivärdena i tabell 3 är spänning, moment, precessionshastighet och effekt vid snabbstabilisering, vilken endast pågår under en kort tid vid start av Fli-23. Under normal drift utvecklas mycket låg effekt i vridmotorerna. Bild 91 visar vridmotorns symbol. Med den visade kopplingen blir momentet medurs, sett från statorns uttagssida.

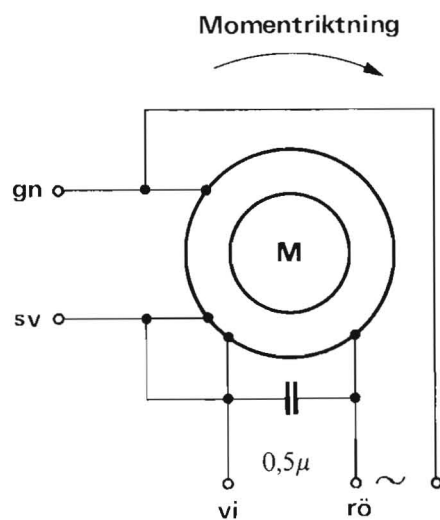


Bild 91. Vridmotor, symbol

ÖVERVAKNING

Lod

Funktionsschema bilaga 8 (roll) och 9 (tipp).

Spänningen från pendlarna förstärks i förstärkarna L1 (roll) och L2 (tipp). Dessa förstärkare matar sedan respektive vridmotor. Båda övervakningsförstärkarna har samma utförande, se kretsschemat bilaga 18.

Pendelspänningen matas på ingången till ett fasvridande nät, där pendelns positiva fasvridning på ca 15° rättas till. Spänningen förstärks sedan i en transformatorkopplad triod. Transformatorn T201 som sitter i nätenheten är avstämd på sekundärsidan till rätt fasvinkel. Transformatorn matar ett balanserat drivsteg bestående av två trioder. Över transformatorn ligger en varistor VR 101 som skyddar drivsteget för överstyrning. Drivsteget matar en balanserad magnetförstärkare som tillsammans med utgångstransformatorn T 401 utgör slutsteget. Spänningen från utgångstransformatorn matar vridmotorerna i roll och tipp.

Magnetförstärkaren sitter tillsammans med tre reläer i L-förstärkarens reläenhet. Reläernas funktion beskrivs i samband med avsnittet om snabbstabilisering.

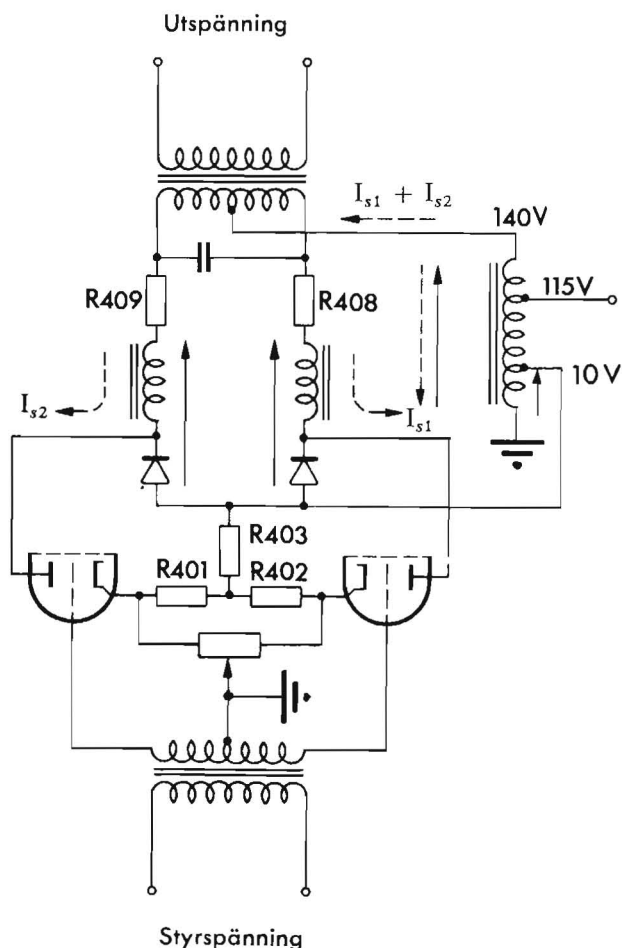


Bild 92. Övervakningsförstärkare, slutsteg

Spänningen från utgångstransformatorn passerar en urkopplingsenhet innan den lämnar L-förstärkaren.

Ett förenklat kretsschema på drivsteget med magnetförstärkare visas på bild 92. Magnetförstärkaren består av två enkla kretsar med diod och kärna i serie. Magnetförstärkaren matas med L-förstärkarens nättransformator. Arbets sättet hos L-förstärkarens magnetförstärkare är i stort sett detsamma som hos den tidigare beskrivna magnetförstärkaren till servoförstärkarna. Polariteten under arbetsperioden visas med heldragna pilar. Under arbetsperioden leder dioderna medan drivstegets anoder får negativ spänning och rören är strypta. Styrningen sker under nästa halvperiod, visad med streckade pilar. Under styrperioden spärrar dioderna i arbetskretsen och röranoderna får positiv spänning. Om styrspänningen är noll flyter under denna halvperiod lika stora strömmar genom arbetslindningarna på transduktorkärnorna, dvs $I_{s1} = I_{s2}$. Transduktorkärnorna förmagnetiseras till en lämplig arbetspunkt, samma för båda. På grund av symmetrin blir då utspänningen noll. En styrspänning på gallren däremot ökar under styrperioden strömmen i det ena röret och minskar den i det andra, varför transduktorkärnorna magnetiseras åt olika håll och en utspänning erhålls. Utgångstransformatorn är avstämd med en kondensator på samma sätt som vid servoförstärkarna, varför utspänningen får god sinusform.

I katodkretsen finns tre motstånd, R401, R402 och R403 samt en potentiometer. Motstånden R401 och R402 utgör en motkoppling, som stabiliserar förstärkarens utimpedans. Motståndet R403 bestämmer vilostrommen genom rören och därmed läget på den arbetspunkt, till vilken transduktorkärnorna magnetiseras under styrperioden. Potentiometern används för balansering av förstärkaren när styrspänningen är noll.

I vardera transduktorns arbetskrets finns seriemotstånd R408 och R409. Värdet hos det ena avpassas så att utspänningen blir lika stor åt vardera hållet. L-förstärkaren lämnar en maximal spänning till vridmotorn av ca 13 V och är fullt utstyre för en pendelvinkel av ca 1° . Vridmotorns referenslindning matas med 32 V, vilket ger en maximal övervaknings hastighet i lod av nominellt ca $1,0^\circ/\text{min}$.

Urkoppling vid acceleration

Om flyglägesgivaren utsätts för accelerationer gör pendlarna utslag utan att lodgyrot behöver ligga fel. Vid en långvarig acceleration i en och samma riktning kommer således övervakningssystemet att driva ut lodgyrot till ett felaktigt läge. För att förhindra att detta

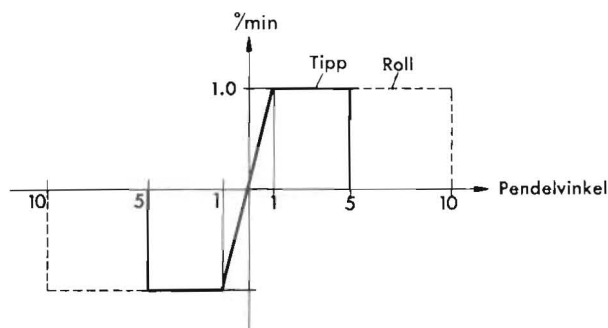


Bild 93. Övervakning, karaktäristik

sker låter man utspänningen från övervakningsförstärkarna passera en urkopplingsenhet, där ett relä bryter övervakningsspänningen till vridmotorns styrlindning när pendelutslaget överskrider en viss vinkel.

Urkopplingen sker vid 10° i roll och vid 5° i tipp, beroende på att pendelutslagets fördelning under flygning är olika i roll och tipp. I roll får man de falska pendelutslagen vid distinkta, relativt stora bankningar vid svängar, i regel 45° och mera. Gränsen för urkoppling har därför satts till 10° . I tipp blir pendelutslagen mera "smygande", varför gränsen satts till 5° . Övervakningskaraktäristiken i lod framgår av bild 93.

Urkopplingsenhetens funktion framgår av bild 94. När pendelspänningen är noll är växelspanningen över dioden LR301 också noll. En likspänning V_2 , vars storlek bestäms av potentiometern RV301, matas till rörets galler som alltså blir positivt i förhållande till jord. Röret driver en magnetförstärkare av samma utförande som tidigare beskrivits. Under styrperioden är anoden positiv, varvid en ström I flyter genom transduktorspolen. Denna ström styr ner kärnan så att ingen ström flyter genom reläspolen under den efterföljande arbetsperioden.

När en pendelspänning matas in på första rörgallret, uppstår en växelspanning V_1 över dioden LR301.

Växelspanningens positiva halvperiod kortsluts av dioden och en negativ backspänning blir kvar. Vid en viss pendelspänning blir gallret till magnetförstärkarens drivrör negativt, och röret stryps. Härvid blir kärnans styrström noll och den kan under arbetsperioden inte ta upp någon spänning. Spänningen matas i stället till reläspolen och urkopplingsrelät slår till. Den pendelspänning för vilken urkoppling sker bestäms av likspänningen V_2 , vilken kan ställas in med potentiometern RV301.

Den beskrivna urkopplingsenheten, som alltså arbetar med undertryckt nollpunkt, har förstärkning i både röret och magnetförstärkaren vilket ger ett entydigt och distinkt relätillslag när pendeln överskrider sin gränsvinkel. Relät förhindras att slå fram och tillbaka av en tidkonstant på ca 0,5 s som är inlagd på rörgallret.

Den pendelspänning vid vilken urkoppling sker bestäms således av potentiometern RV301. Eftersom urkopplingsvinklarna är olika i roll och tipp måste de två L-förstärkarna trimmas olika, varvid förstärkare med udda serienummer trimmas som L1 (roll) och med jämna serienummer som L2 (tipp).

Kurs

Funktionsschema bilaga 7.

Övervakningssystemet i kurs styrs av den magnetiska kursgivaren. Kursgivaren belastas med jämföraren K5 på kursaxelservot, och jämförarens rotorspänning förstärks i förstärkaren K, som matar vridmotorn i kurs.

Kursgivare

Kretsschema bild 95.

Kursgivaren är till sin konstruktion lik en givarelgon med tre lindningar med inbördes vinklar av 120° . Lindningarna är placerade på de tre benen till kursgivarens stjärnlameller. I lindningarna induceras spänningar av

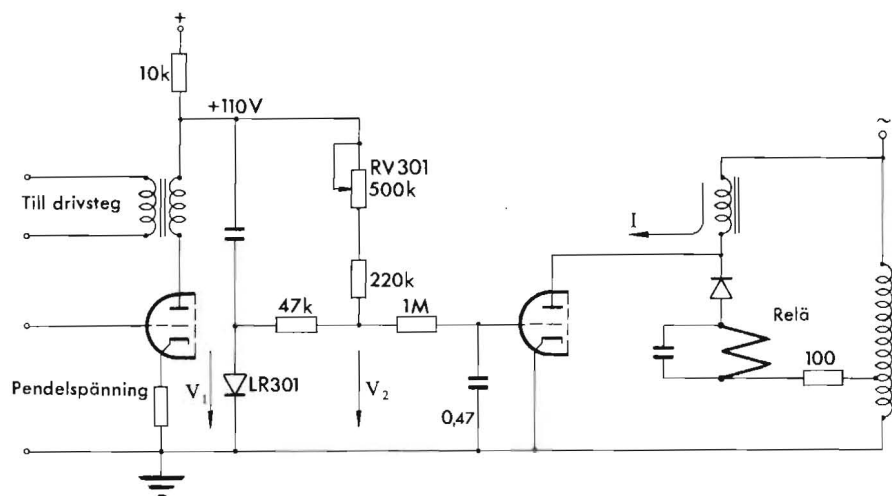


Bild 94. Övervakning, bortbrytning

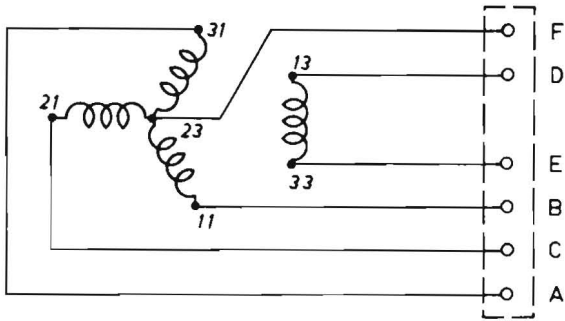


Bild 95. Kursgivare, krettschema

frekvensen 800 Hz, och spänningarnas storlek bestäms av kursgivarens placering i det jordmagnetiska fältet. Kursgivaren ansluts till jämföraren K5 och statorspänningarna transformeras över till jämförarens rotor. Rotorspänningen blir för små vinklar proportionell mot skillnaden mellan flygplanets kurs och kursgyrots läge.

Bild 96 visar i genomskärning ett av de tre benen i kursgivaren. Benen är uppbyggda av stjärnlameller placerade på vardera sidan om magnetiseringsspolen och isolerade ifrån varandra så att ett luftgap bildas. Mot periferin sitter fältlameller som samlar fältet. På varje ben sitter en avkännarspole. Magnetiseringsspolen matas med 26 V 400 Hz, varvid ett pulserande flöde

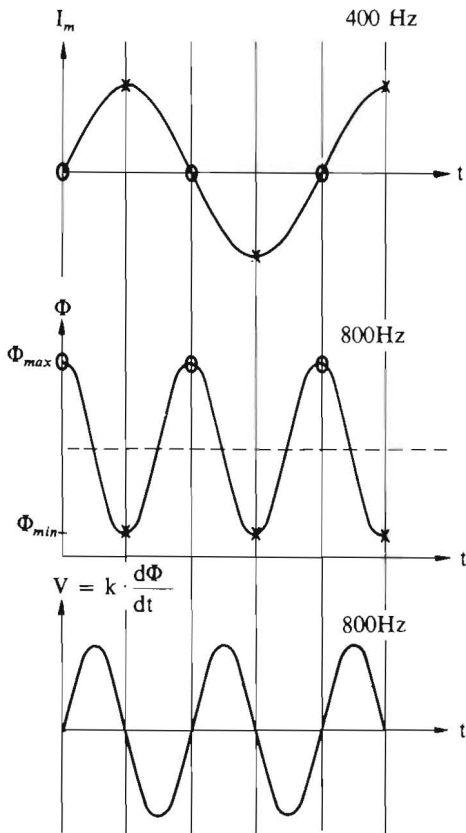
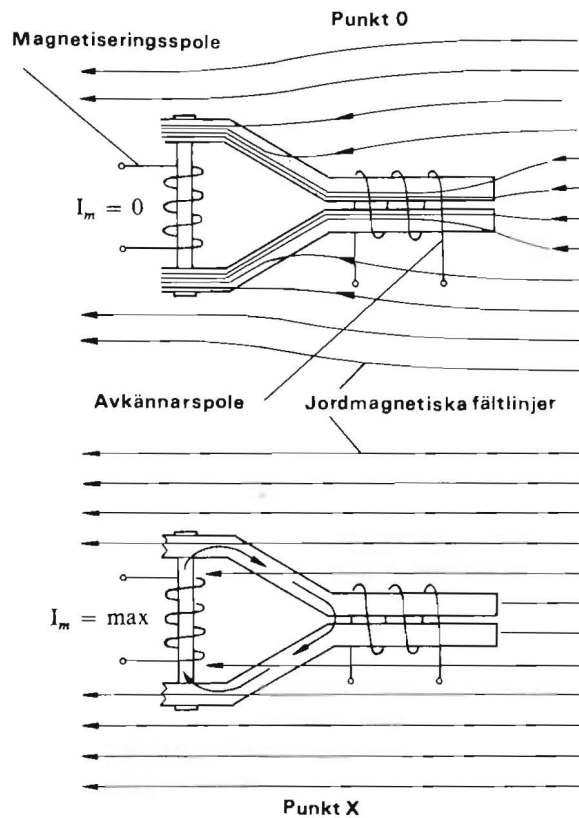


Bild 96. Kursgivare, princip

av frekvensen 400 Hz alstras i vardera benet. Detta flöde inducerar en mycket liten spänning i avkännarspolen eftersom flödet passerar spolen i båda riktningarna. När flödet passerar sina nollögen är järnets permeabilitet (magnetiska ledningsförmåga) stor, varför de jordmagnetiska fältlinjerna dras in i lamellerna, där de passerar avkännarspolen. När flödet däremot befinner sig i sina positiva eller negativa maximivärden är järnet mättat och permeabiliteten låg, varför de jordmagnetiska fältlinjerna inte nämnvärt känner närvaron av järn i kretsen. Flödet genom avkännarspolen blir därför i dessa punkter litet. I varje avkännarspole alstras således ett flöde av frekvensen 800 Hz. Detta flöde inducerar en spänning av samma frekvens, och spänningen tas ut till kursjämföraren.

Bild 97 visar att avkännarspänningarna är beroende av kursgivarens orientering i jordmagnetiska fältet. På kurs 270° induceras den största spänningen i ben 1. I ben 2 och 3 blir spänningarna lika stora, men mindre än i ben 1 och med motsatt fas. På kurs 0° blir spänningen i ben 1 noll. Ben 2 och 3 får lika stora spänningar men med motsatt fas mot varandra. Härav framgår att de tre spänningarna från avkännarspolarna blir likvärdiga med statorspänningarna i en givarelgon.

På bild 98 har kursgivaren kopplats ihop med sin jämförare. Bilden visar kursgivarens läge i jordmagne-



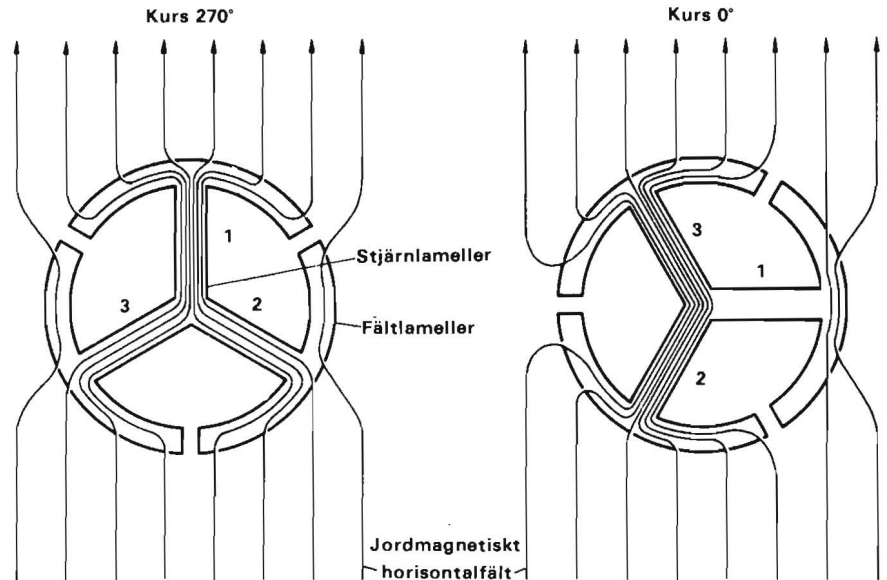


Bild 97. Kursgivare i magnetfält

tiska fältet när flygplanet flyger mot norr. Av bilden framgår att spänningen i kursgivarens lindning S2 vid denna orientering blir noll. Vid en nollställd givarelgon (bild 98 överst) blir spänningen över lindning S2 maximal. Härav framgår att rotorn i jämföraren K5 måste vridas 90° från sitt normala nolläge. Jämföraren är därför nollställd som en givarelgon.

Den nyttiga signalspänningen från jämförarrotern har frekvensen 800 Hz. Genom obalans i kursgivaren får man emellertid även en spänning av frekvensen 400 Hz och en tredje överton 1200 Hz. För att minska inverkan av dessa störande spänningar är jämförarrotern avstämd med en kondensator.

Störspänningarnas storlek beror även på flödesventilens orientering i sin kardanning. Detta är orsaken till att flödesventilen monterats så att jämföraren måste vridas 90° från sitt normala nolläge.

Bild 99 visar utspänningen från jämföraren när flygplanet flyger på en kurs ψ_1 och kursgyrot drivit ut så, att dess vinkel motsvarar en kurs ψ_2 . Utspänningen är då proportionell mot sinus för vinkelskillnaden. Maximal utspänning från kursgivaren är vid normalt jordmagnetiskt fält på 60° latitud ca 0,5 V. På denna latitud är jordfältets vertikala komponent ca tre gånger så stor som dess horisontala. Om flödesventilen inte är horisontal inducerar vertikalkomponenten spänningar i avkännarspolarna, varvid kursfelet kan bli upp till tre gånger lutningsfelet. Därför är flödesventilen kardanskt upphängd samtidigt som kursövervakningen vid accelerationer kopplas bort av pendelspänningarna i L-förstärkarnas urkopplingsenheter.

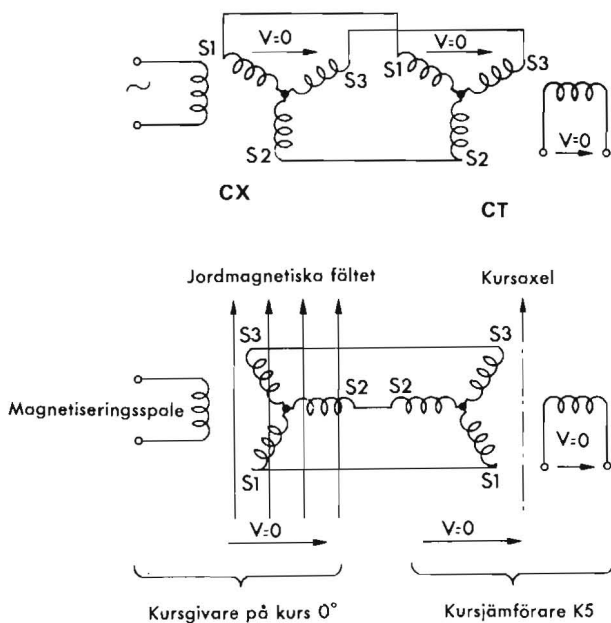


Bild 98. Kursgivare med jämförare

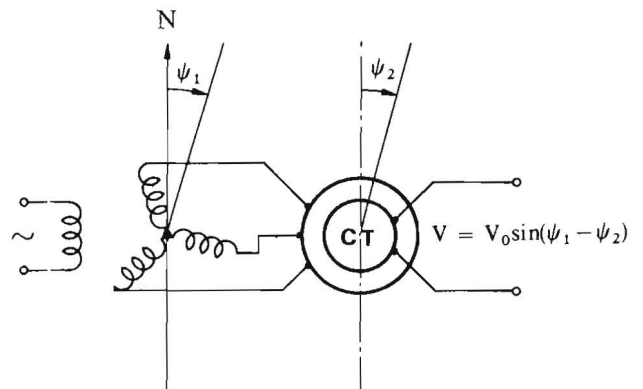


Bild 99. Kursjämförare, utspänning

Förstärkare K

Kretsschema bilaga 17.

Spänningen från kursjämföraren K5 matas till ett blandningsnät på K-förstärkarens ingång. Förstärkning sker i två trioder, varav den första är motståndskopplad, den andra transformatorkopplad. Anodtransformatorn sitter i K-förstärkarens nätenhet och är på sekundärsidan avstämmd till rätt fasvinkel. Transformatorn matar en faskänslig demodulator som omvandlar den 800-periodiga inspänningen till en likspänning. Likspänningens amplitud är proportionell mot K-förstärkarens inspänning, och dess polaritet beror på inspänningens fas. Likspänningen från demodulatorn matas till gallren på ett balanserat drivsteg. Drivsteget styr slutsteget, placerat i K-förstärkarens reläenhet. Reläenheten fungerar på samma sätt som hos L-förstärkaren.

Demodulatorenhet

Ett förenklat kretsschema på demodulatorenheten visas på bild 100. Demodulatorn består av en brygga med fyra dioder. De två dioderna i referenskretsen gör att bryggan genomflyts i pilens riktning av strömpulser vid både de positiva och negativa halvperioderna av referensspänningen. Referensspänningens frekvens dubbleras på detta sätt till 800 Hz. Strömvinkeln i bryggans öppningspulser bestäms av tidkonstanten hos RC-kretsen R301—C301. Under den tid inom varje halvperiod som bryggan är öppen kan nu inspänningen obehindrat passera. Inspänningens strömpulser laddar upp kondensatorn C302, över vilken en likspänning byggs upp. Likspänningen är försedd med en konstgjord mittpunkt med motstånden R303 och R304 och matas till gallren på drivsteget.

K-förstärkaren lämnar en maximal spänning till vridmotorn i kurs av ca 8 V och är fullt utstyrd för ett kursfel av ca 1°. Vridmotorns referenslindning matas med 20 V, vilket ger en maximal övervakningshastighet i kurs av nominellt ca 0,9°/min. Kursövervakningen kan brytas med en strömställare under locket på manöverlådan.

VÅGHÅLLNING

Funktionsschema bilaga 10.

Kursgyrots våghållning styrs av avkännaren i våg AV. Avkännarsignalen förstärks i förstärkaren V som matar vridmotorn i våg. V-förstärkarens kretsschema framgår av bilaga 19.

Avkännarsignalen matas över en ingångstransformator till ett balanserat drivsteg bestående av två trioder. Mellan katoderna finns en potentiometer för balansering av förstärkaren. Anoderna är kopplade till en utgångstransformator som i mittpunkten matas med en växelspanning från V-förstärkarens nättransformator. Utgångstransformatorn, som är avstämmd med en kondensator, matar vridmotorn i våg. V-förstärkaren innehåller ett tidrelä som beskrivs i avsnittet om snabbstabilisering. Dessutom sitter en fläkt på V-förstärkaren.

Maximal utspänning från förstärkaren V är ca 20 V och den är fullt utstyrd för en avvikelse i våg av ca 0,5°. Referenslindningen på vridmotorn i våg matas med ca 60 V, vilket ger en maximal våghållningshastighet av nominellt ca 3,5°/min. Våghållningen kan inte brytas.

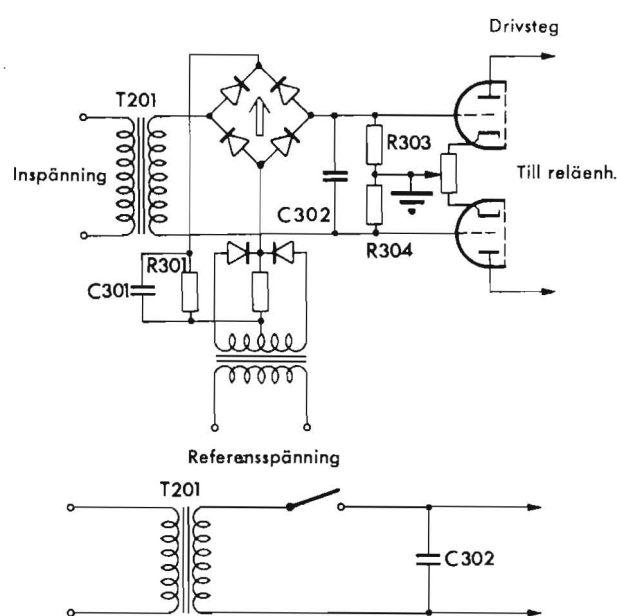


Bild 100. Demodulatorenhet

Snabbstabilisering

ALLMÄNT

Vid start av Fli-23 kan gyrona i flyglägesgivaren inta ett godtyckligt läge. Snabbstabiliseringen används för att gyrona så snabbt som möjligt skall inta rätt läge.

Vid snabbstabilisering styrs övervakningsförstärkarna på samma sätt som vid normal övervakning. Snabbstabiliseringen startas genom att man trycker in knappen på instrumentpanelen. Härvid påverkas reläerna i manöverlådans och respektive övervakningsförstärkare. Dessa reläer höjer spänningarna till referenslindningen och styrlindningen på vridmotorerna, varvid precessionshastigheten ökar. När gyrona har intagit rätt läge bryts snabbstabiliseringsförloppet automatiskt.

NUTATION

När Fli-23 startas drar hysteresismotorerna igång snurrorna i flyglägesgivaren. Härvid börjar gyrohuset och den fria kardanen svänga fram och tillbaka kring sina begynnelselägen på grund av den koppling mellan roll- och tippaxeln som masskrafterna ger upphov till. Denna svängning kallas nutation. Svängningarnas amplitud är i början stor och frekvensen låg. Allt eftersom snurrorna går upp i varv ökar frekvensen hos svängningen under det att amplituden minskar. Svängningarna dämpas av lagerfriktionen och dör så småningom bort.

Nutationen är gyrots svar på ett transient (plötsligt) moment. När man lägger ett moment på gyrot kan precessionshastigheten inte uppnås ögonblickligen på grund av trögheten hos kardansystemet. Resultatet blir att gyrot svänger in sig till rätt precessionshastighet. Svängningarna har normalt ingen skadlig inverkan på gyrot. Nutationsfrekvensen kan beräknas ur

$$\omega = \frac{H}{\sqrt{J_1 J_2}}$$

där J_1 och J_2 är gyrohusets respektive den fria kardanens totala tröghetsmoment kring respektive lagringsaxel. Vid synkront varvtal är nutationsfrekvensen för gyrona ca 78 Hz.

TIDRELÄ OCH O-RELÄ

Startsvängningarna skulle kunna förvärras om moment för snabbstabilisering kunde läggas på vridmotorerna omedelbart efter start. Därför är snabbstabiliseringen fördröjd av ett tidrelä. Dessutom flyter vid start en likström genom vridmotorernas styrlindningar för dämpning av startsvängningarna. Startförloppet kan studeras på funktionsschemat över rollövervakningen bilaga 8.

Tidrelät sitter på förstärkare V. Vid start är tidrelät kallt och kretsen mellan stiften 4 och 7 på förstärkare

V är sluten. Härvid slår 0-relät till, varvid förbindelsen mellan förstärkare L1 och vridmotorn i roll bryts och en likström flyter genom vridmotorn. Efter ca 1 minut slår tidrelät till, varvid 0-relät slår ifrån och övervakningskretsen är normalt kopplad. 0-relät har tre kontaktgrupper som vid start förser vridmotorerna med likström för dämpning.

SNABBSTABILISERING

Lod

Funktionsschema bilaga 8.

Vad som här sägs om snabbstabilisering i roll gäller även i tipp. När man trycker in knappen för snabbstabilisering slår relät RL2 i manöverlådans till, varvid +29 V går ut på stift M i manöverlådans stifttag. Härvid erhålls tillslag av relä RL403 i reläenheten till förstärkare L1. Detta relä har tre funktioner:

- Spänningen på stift 1 till L-förstärkaren höjs från normalt 32 V till 200 V. Denna spänning matar referenslindningen på vridmotorn i roll. Kondensatorn C405 i L-förstärkarens reläenhet utgör gnistsläckning.
- Förbindelsen mellan stift 3 och 4 på L-förstärkaren bryts. Härvid indikeras felvarning på horisontindikatorn.
- I reläenhetens magnetförstärkare kortsluts primärsidan på utgångstransformatorn T401 samtidigt som två reläer RL401 och RL402 kopplas in.

Om lodgyrot ligger fel i roll slår det ena av de två reläerna till vid snabbstabilisering. Härvid matas vridmotorns styrlindning med en spänning från transformatorn T202 i L-förstärkarens nätenhet. Spänningen har en sådan polaritet att lodgyrot precederar mot sitt rätta läge. Vidare sluts kretsen mellan stiften 5 och 18 i L-förstärkarens stifttag, varvid +29 V kopplas till stift L i manöverlådans stifttag. Härvid får relät RL2 i manöverlådans självhållning, och snabbstabiliseringsförloppet fortsätter även sedan man släppt knappen på instrumentpanelen.

När lodgyrot har gått in i roll slår även det andra relät i reläenheten till. När både RL401 och RL402 är tillslagna försvinner självhållningen från förstärkare L1. Emellertid kan självhållningen ligga på från förstärkarna L2 eller K, se bild 101. Om så är fallet vandrar lodgyrot mot roll vänster tills relät RL401 slår ifrån. RL402 är fortfarande tillslaget och lodgyrot vänder och går förbi nollläget mot roll höger. Så småningom slår RL401 till igen och förloppet upprepas. Så

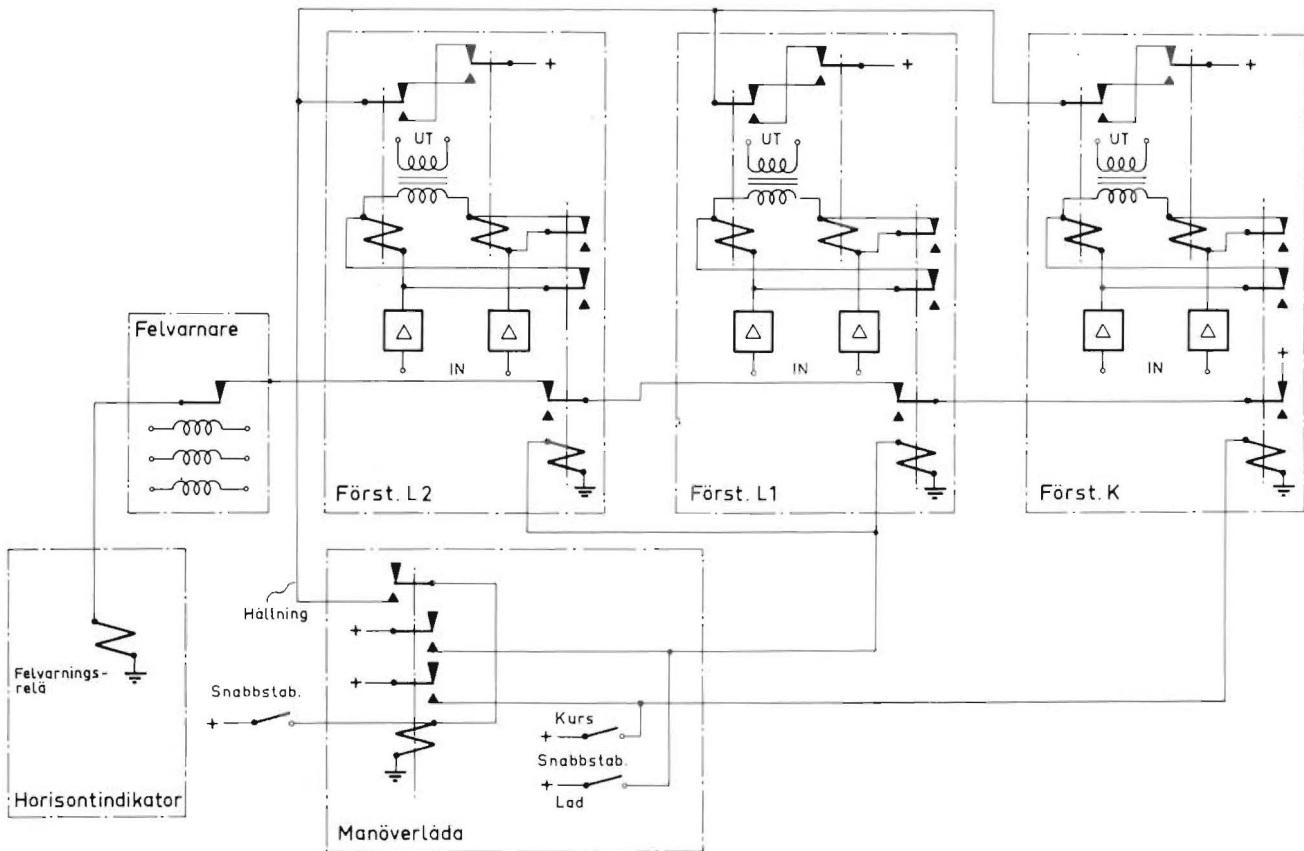


Bild 101. Snabbstabilisering, princip

länge självhållningen ligger kvar får man alltså vid snabbstabilisering en liten pendling hos lodgyrot. När både lodgyrot och kursgyrot gått in till sina rätta lägen bryts självhållningen till relät RL2 i manöverlådan och förloppet avstannar. Bild 102 visar spänningen över reläerna RL401 och RL402 som funktion av pendelvinkeln. Reläernas till- och fränslagsspänningar är inritade på bilden.

Ett nödvändigt villkor för att snabbstabiliseringen skall starta när knappen trycks in är att tidrelät är tillslaget. I annat fall går inte spänningen fram till vridmotorns styrlindning, som i stället matas med likström. Om snabbstabiliseringsknappen trycks in innan tidrelät är tillslaget får relät RL2 i manöverlådan självhållning som tidigare beskrivits, men snabbstabiliseringsförloppet startar inte förrän tidrelät slår till.

Lodövervakningen kan slås ifrån med en strömställare i manöverlådan. Härvid bryts matningen till stift 9 på L-förstärkarens stifttag. Snabbstabilisering kan således inte utföras när lodövervakningen är fränslagen. Snabbstabiliseringshastigheten i lod är 60°/min.

Snabbstabilisering kan ske även med tryckknappen LOD under locket på manöverlådan. Härvid kopplas spänning direkt till relät RL403 i L-förstärkaren, och hållningen kan inte påverka snabbstabiliseringsrelät i

manöverlådan. Snabbstabiliseringen avstannar således när knappen i manöverlådan släpps.

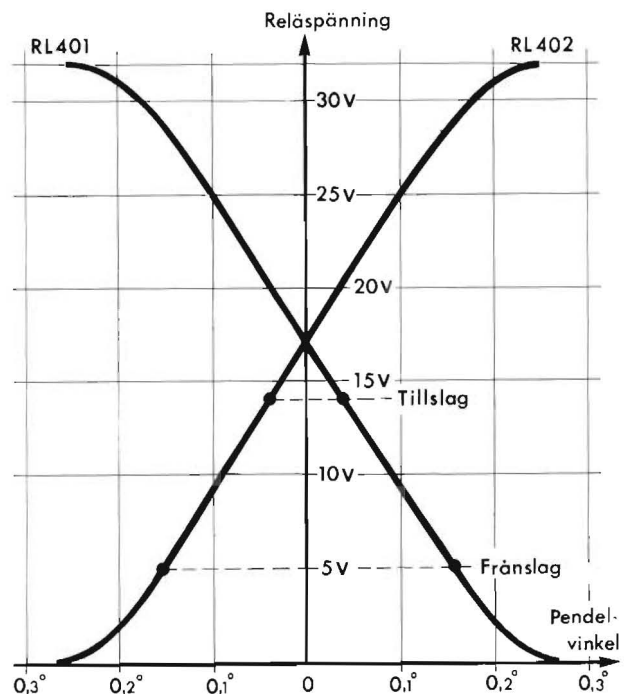


Bild 102. Reläspänningar

Kurs

Funktionsschema bilaga 7.

Snabbstabiliseringen i kurs går till på ungefär samma sätt som i lod. Även i kurs får man en vaggande rörelse hos gyrot genom att reläerna i reläenheten arbetar växelvis innan självhållningen bryts. Hastigheten vid snabbstabilisering i kurs är 180°/min. I kurs kan snabbstabilisering ske även om kursövervakningen bryts i manöverlådan.

Kursgyrot kan köras manuellt med vredet ÖKA-MINSKA på manöverlådans panel. Med vredet kopplas en spänning på ca 85 V från transformatorn T4 i manöverlådan till styrlindningen på vridmotorn.

Spänningen på referenslindningen höjs samtidigt till 200 V. Hastigheten blir härvid ca 120°/min. Kursgyrot ställs genom snabbstabilisering in på en kurs som bestäms av det magnetfält kursgivaren känner. Om magnetfältet är stort blir kursen felaktig. Om flygföraren känner den kurs flygplanet är inriktat i på marken, kan han ställa in den med vredet på manöverlådan.

Våg

Funktionsschema bilaga 10.

Våghållningsförstärkaren V saknar reläenhet, varför ingen förhöjd spänning för snabbstabilisering fås från V-förstärkaren. Spänningen över styrlindningen på vridmotorn i våg blir därför oförändrad. Referenslindningen är emellertid seriekopplad med referenslindningen till vridmotorn i kurs, varför hastigheten i våg höjs till ca 15°/min så länge snabbstabilisering pågår i kurs.

FELVARNARE

Felvarnaren sitter i toppen på kabeltrumman i förstärkaren. Felvarnaren består i princip av en trefasmotor vars lindningar genomflyts av strömmarna till flyglägesgivaren. Härvid uppstår ett moment på rotorn som vrider sig tills den går mot ett stopp. Härvid sluter felvarnarkontakten. Rotorn är belastad med en orofjäder som ger ett motmoment. Om en av gyrofaserna faller bort försvinner momentet i felvarnaren och orofjäders drar tillbaka rotorn till sitt utgångsläge, varvid felvarnarkontakten bryts.

Felvarnarkontakten ingår tillsammans med en relägrupp i vardera förstärkarna K, L1 och L2 i den ström-

krets som manövrerar felvarningsflaggan i horisontindikatorn, se bild 101. Under normala driftförhållanden är denna strömkrets sluten och flaggan gömd. Vid fassbortfall eller vid snabbstabilisering bryts strömkretsen och felvarningsflaggan i horisontindikatorn blir synlig. Om nätspänningen sänks sjunker momentet i felvarnaren. Vid ca 90 V fasspänning förmår orofjäders övermanna momentet och felvarnarens kontakt öppnas.

FEL I STARTAUTOMATIKEN

Ett fel som kan uppträda vid start av Fli-23 består i att det automatiska snabbstabiliseringsförloppet inte avbryts utan kursgyrot roterar med hastigheten 1 varv på 3 sekunder medan lodgyrot beskriver en kon med toppvinkeln ca 1° kring lodläget.

Förklaringen är följande. Antag att gyrot har gått in rätt i kurs och roll. Antag vidare att kursgyrots rotationsvektor är parallell med rollaxeln. Vinkeln mellan kursgyrots rotorhus och kardan 2 påverkas då dels av våghållningen, dels av lodgyrots resning i tippel. Den senare sker snabbare än den förra, 60°/min mot ca 15°/min. Trots att våghållningen ligger inkopplad kan det inträffa att ovan nämnda vinkel ökar. Om gyrohuset går emot sitt stopp någon grad innan lodläget uppnåtts kan det ovan beskrivna fenomenet uppträda.

Anslaget mot stoppet ger ett moment som vrider runt kursgyrot. Detta moment skall dock tas upp av kardan servona. Gyrot fortsätter att resa sig medan kardanens rörelse bromsas av gyromomentet. Man erhåller snabbt en vinkelskillnad mellan gyro och servodrivna kardan. Pendeln som styr snabbstabiliseringen sitter på den servodrivna kardanen och därför går gyrot över vertikalläget.

När kursgyrot vrider sig får även rollkardanservot ta upp moment. Servot ger efter, pendeln slår ut och snabbstabiliseringen vrider gyrot över vertikalläget. På detta sätt vrider sig kursgyrot runt och dess hastighet bestäms av de maximimoment kardanservona kan prestera. Rörelsen avbryts inte förrän man bryter snabbstabiliseringen i lod genom att bryta lodövervakningen på manöverlådan. Den automatiska urkopplingen fordrar nämligen att gyrot ligger rätt samtidigt i roll, tipp och kurs, och detta inträffar aldrig under detta förlopp, eftersom roll- och tippendels rörelser är 90° förskjutna.

Kompensering

ALLMÄNT

Gyrona i flyglägesgivaren stöttas av ett kompenseringssystem som eliminerar inverkan av jordens rotation och flygplanets förflyttning över jordytan. Även andra orsaker till skenbar utvandring hos gyrona finns, t ex Corioliacceleration, men dessa är av mindre betydelse och kompenseras inte i Fli-23.

LODGYROTS UTVANDRING

Jordrotation

Att jordrotationen ger en skenbar utvandring hos lodgyrot framgår av bild 103. Lodgyrot står vid ekvatorn med sin axel vertikalt vid A. Nu roterar jorden kring sin axel med en hastighet av ett varv på 24 h, dvs $15^\circ/\text{h}$, varför lodgyrot efter 6 h befinner sig i läge B. Gyrotoppen har rört sig 90° åt väster och lodgyrot står nu som ett kursgyro med rotationsaxeln horisontal. Om flygplanet står orienterat i nord-syd kommer driften in i roll, står det i öst-väst kommer driften i tipp. Står lodgyrot vid någon av polerna får man ingen utvandring varken i roll eller i tipp. Den skenbara utvandringen hos lodgyrot på grund av jordrotationen blir således beroende av latituden och flygplanets kurs. Utvandringen kan beräknas med hjälp av bild 104.

Lodgyrot antas befinna sig i en punkt A på jordytan med latituden λ . Jordhastigheten ω_j kan delas upp i en hastighet $\omega_j \sin \lambda$ riktad längs lodgyrots rotationsaxel

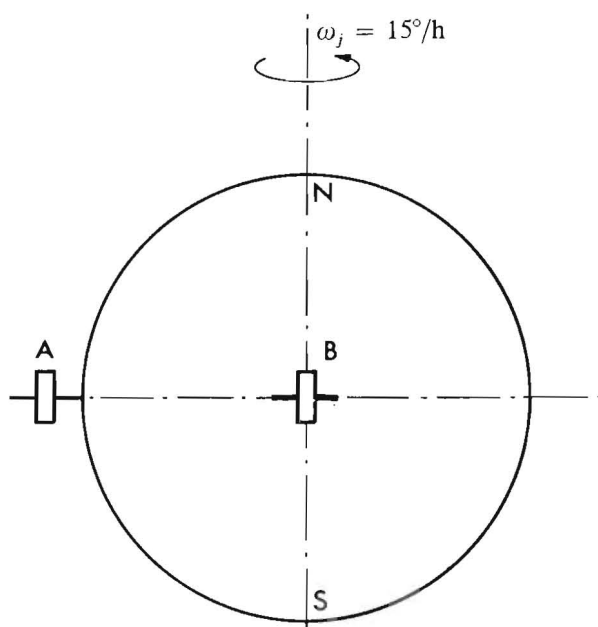


Bild 103. Jordrotation

och en hastighet $\omega_j \cos \lambda$ riktad mot norr. Endast den sistnämnda påverkar lodgyrot. I bild 104 är denna komponent uppdelad längs och tvärs flygriktningen. Lodgyrot vandrar således ut med följande vinkelhastigheter:

- Roll $\omega_R = \omega_j \cos \lambda \cos \psi$
- Tipp $\omega_T = \omega_j \cos \lambda \sin \psi$

För $\lambda = 60^\circ$ blir hastigheten maximalt ca $7,5^\circ/\text{h}$.

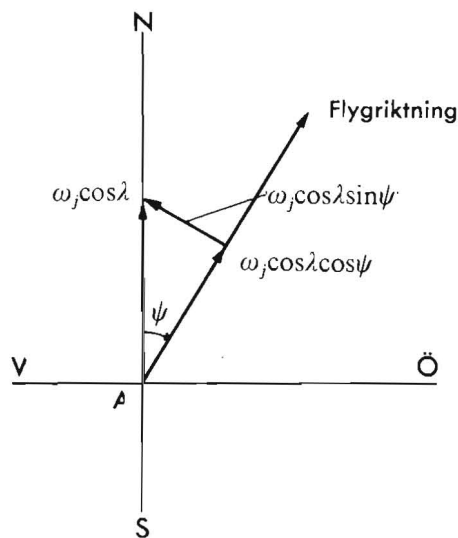
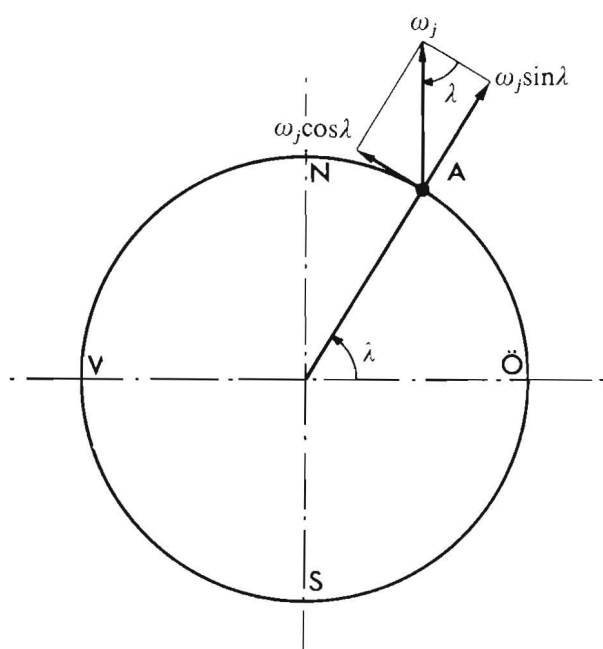


Bild 104. Lodgyrots jordrotationsutvandring

Förflyttning

Att lodgyrot skenbart vandrar ut när flygplanet förflyttar sig över jordytan framgår av bild 105. Flygplanet förflyttar sig med hastigheten v från A till B. I punkten B har lodgyrot vandrat ut i tipped. Utvandringen sker med vinkelhastigheten v/R där R är jordradien. Vid hastigheten $v=1000$ km/h blir utvandringen $9^\circ/h$.

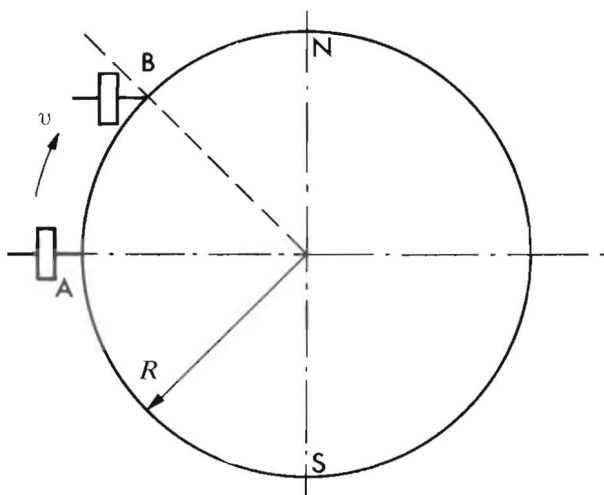
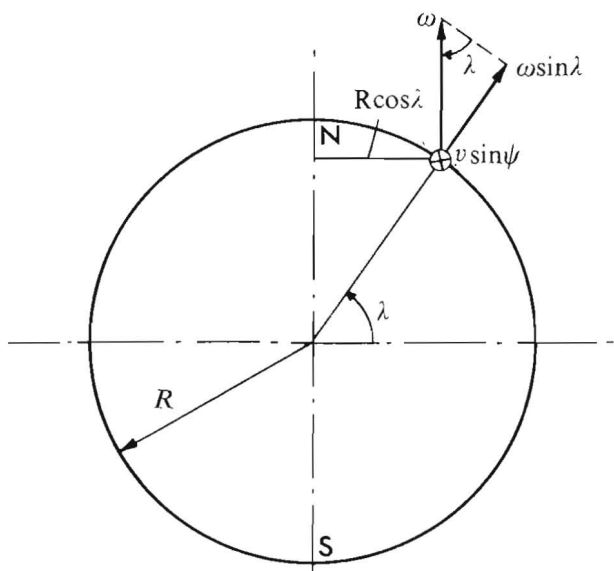


Bild 105. Lodgyrots fartutvandring

KURSGYROTS UTVANDRING

Jordrotation

Att kursgyrot skenbart vandrar ut på grund av jordrotationen framgår av bild 106, som visar jorden sedd från nordpolen. Kursgyrot antas ligga med sin rotationsaxel horisontal på en latitud λ i läge A. På grund av jordrotationen förflyttas kursgyrot till läge B, där



gyrot skenbart vandrat ut till vinkeln ψ på grund av meridiankonvergens. Vid ekvatorn ($\lambda=0$) är meridianerna parallella och där sker således ingen utvandring. Vid polen vandrar kursgyrot ut med hastigheten ω_j . Utvandringen i kurs blir således

$$\omega_K = \omega_j \sin \lambda,$$

vilket även erhålls direkt från bild 104 som den vertikala komponenten av jordrotationen.

Den horisontala komponenten kommer på öst-västlig kurs in i våg och elimineras av våghållningen. Om däremot gyrots rotationsvektor pekar mot norr behöver våghållningen inte kompensera någon rörelse i våg som härrör från jordrotationen. För 60° latitud blir hastigheten ca $13^\circ/h$.

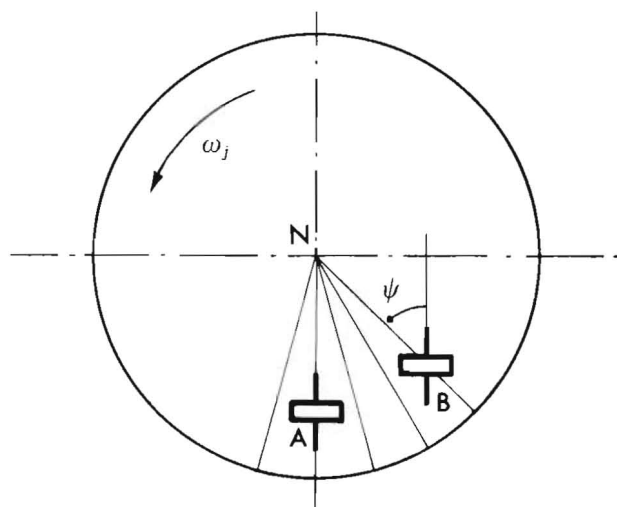


Bild 106. Kursgyrots jordrotationsutvandring

Förflyttning

Att kursgyrot skenbart vandrar ut i kurs när flygplanet förflyttar sig över jordytan framgår även av bild 106, där kursen är öst-västlig. Vid flygning mot norr får

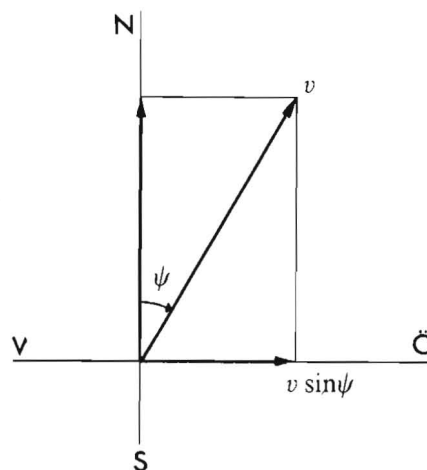


Bild 107. Kursgyrots fartutvandring

man däremot ingen utvandring, eftersom flygplanet rör sig längs en meridian.

Kursutvandringen kan beräknas enligt bild 107. En öst-västlig hastighet $v \sin \psi$ ger med radien $R \cos \lambda$ en vinkelhastighet

$$\omega = \frac{v \sin \psi}{R \cos \lambda}$$

Av denna inverkar i kurs endast $\omega \sin \lambda$, se bild 107, dvs

$$\omega_K = \frac{v \sin \psi}{R \cos \lambda} \sin \lambda = \frac{v}{R} \operatorname{tg} \lambda \sin \psi$$

för $v=1000 \text{ km/h}$ och $\lambda=60^\circ$ blir utvandringen maximalt $20^\circ/\text{h}$.

KOMPENSERINGSSYSTEMETS UPPBYGGNAD

De skenbara utvandringar som skall elimineras av kompenseringssystemet är:

- Roll $\omega_R = \omega_j \cos \lambda \cos \psi$
- Tipp $\omega_T = \omega_j \cos \lambda \sin \psi + \frac{v}{R}$
- Kurs $\omega_K = \omega_j \sin \lambda + \frac{v}{R} \operatorname{tg} \lambda \sin \psi$

Systemets uppbyggnad i princip framgår av bild 87. Som variabler i kompenseringssystemet ingår latituden samt flygplanets fart och kurs. Latituden får flygföraren ställa in för hand med ett vred på manöverlådans panel. Skalan är graderad i: 35, 40, 45, 50, 55, 57.5, 60, 62.5, 65, 67.5 och 70° . Flygföraren skall ställa vredet på den latitud, som ligger närmast den aktuella. Vredet driver en omkopplare som matas med två transformatorer i manöverlådans, se kretsschemat bilaga 12. Transformatorn T1 ger en spänning som svarar mot $\sin \lambda$ och $\cos \lambda$ och transformatorn T2 en spänning som svarar mot $\operatorname{tg} \lambda$.

Fartkompenseringen sker med spänning från två fasta spänningsdelare, inställda för 1000 km/h. Detta ger en falsk kompenseringssignal när flygplanet står på marken. Vid markprov kan man därför från provutrustningen koppla en spänning till relät RL3 i manöverlådans, vilket bryter matningen till de båda spänningsdelarna.

Kursinformationen matas till kompenseringssystemet av resolvern K7 och jämföraren K8 på kursaxelservot. Att man i sistnämnda fallet valt en lågohmig jämförare i stället för en resolver beror på omsättningen och impedansnivån. Jämföraren är symmetrisk matad med lika impedanser anslutna till de tre statorlindningarna.

PARALLELLBLANDNING

Enligt bild 87 skall vridmotorerna matas med flera spänningar samtidigt. Detta sker med parallellblandning enligt bild 108, där tre spänningar E_1 , E_2 och E_3 matar belastningen R_b . Summationsmotståndet är R_1 , R_2 och R_3 . Var och en av spänningarna ger nu upphov till en spänning över R_b , enligt:

$$V_1 = E_1 \frac{R}{R_1} \quad V_2 = E_2 \frac{R}{R_2} \quad V_3 = E_3 \frac{R}{R_3}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_b}$$

Härav framgår att en ändring av någon av de impedanser som ingår i systemet medför att samtliga utspänningar ändras. Därför måste utimpedansen i övervakningsförstärkarna L1, L2 och K trimmas till ett och samma värde för varje förstärkare för att kompenseringssystemets noggrannhet skall bli hög. Denna trimning sker med motstånd i serie med respektive utgångstransformator.

När övervakningen bryts kopplas respektive övervakningsförstärkare bort från vridmotorn. Härvid inkopplas i förstärkarens ställe ett motstånd med samma värde som förstärkarens utimpedans.

När lodövervakningen bryts i manöverlådans slår relät RL1 till (se bilaga 8) och förstärkare L1 ersätts i kompenseringssystemet av motståndet R1 i manöverlådans. Förstärkaren L2 ersätts samtidigt av motståndet R3. När kursövervakningen bryts i manöverlådans ersätts K-förstärkaren av motståndet R5. När kursövervakningen är bruten från provutrustningen, slår relät RL3 i manöverlådans till och K-förstärkaren ersätts av motståndet R7 (se bilaga 7). Samtidigt kopplas utgången från K-förstärkaren till motståndet R9. Denna funktion beskrivs i avsnittet om deviering. Vid stora pendelutslag kopplas övervakningen bort av urkopplingsenheterna i förstärkarna L1 och L2. Härvid ersätts L-förstärkarna av motståndet R303 och K-förstärkaren av motståndet R304. Båda motstånden är placerade i respektive urkopplingsenheter.

Vid snabbstabilisering läggs ca 120 V på styrlindningen till respektive vridmotor. För att denna spänning inte skall skada resolverar och blandningsmotstånd i kompenseringssystemet kopplas detta bort av reläerna i övervakningsförstärkarnas reläenheter.

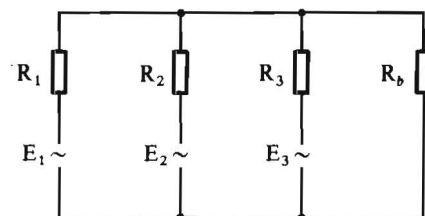


Bild 108. Parallellblandning

TRIMNING AV VRIDMOTORER

För att höja noggrannheten i kompenseringssystemet trimmar man vridmotorerna i flyglägesgivaren. Vridmotorerna har nämligen efter avstämning något olika impedans, varför spänningarna över dem inte blir lika i alla flyglägesgivare. Vidare kan två vridmotorer för samma spänning på styrlindningen ge olika moment.

Vid trimning av vridmotorn matas dess styrlindning med en ekvivalent krets, bestående av en spänning i serie med ett motstånd. Ett seriemotstånd utprovas i styrlindningen så att gyrots övervaknings hastighet blir den rätta. Motståndet löds in på gaveln till flyglägesgivaren.

Deviering

ALLMÄNT

I Fli-23 används kursgivaren för att känna storlek och riktning på det jordmagnetiska fältet. Denna information används för inriktning och övervakning av kursgyrot. När störningar från permanentmagnetiska föremål förekommer får man en felaktig riktningssuppgift. Vid devieringen mäter man denna deviation på olika kurser och kompenserar den så att restfelet blir betydelselöst. Bild 109 visar hur flödestätheten B ändrar sin riktning en vinkel δ orsakad av ett störande fält $d \cdot B$. Om flygplanet vrids runt vinkeln ψ följer störfältet med och dess vektorspets beskriver en cirkel. Deviationen δ kan beräknas ur

$$\text{tg } \delta = \frac{d \sin \psi}{1 + d \cos \psi}$$

Den största deviationen $\delta_{max} = \arcsin d$ inträffar för $\psi = \pm(90 + \delta_{max})$. Vid små deviationer kan den erhållna felkurvan approximeras till en sinuskurva. När δ_{max} är större än 10° blir en andra överton fullt märkbar, se bild 110.

I kursgivaren alstras en spänning proportionell mot $B + dB$. Principen för kompenseringen är, att man till spänningen från givaren adderar en spänning som eliminerar verkan av dB. Hur detta går till visas på bild 111.

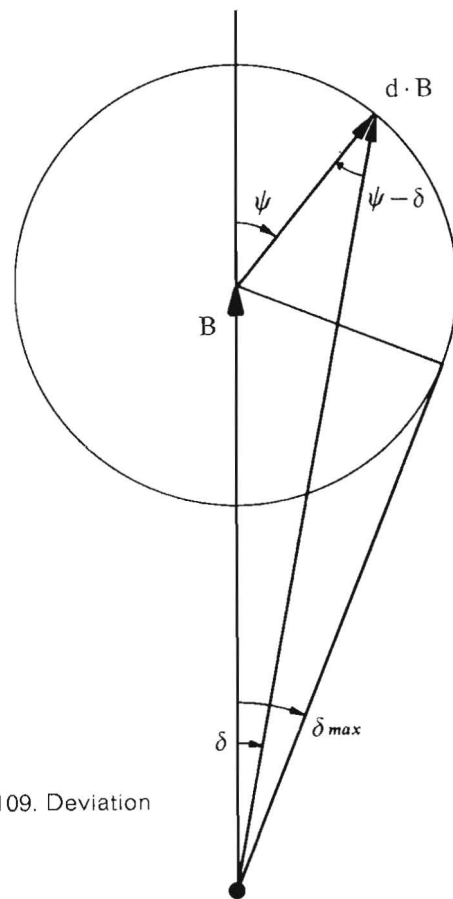


Bild 109. Deviation

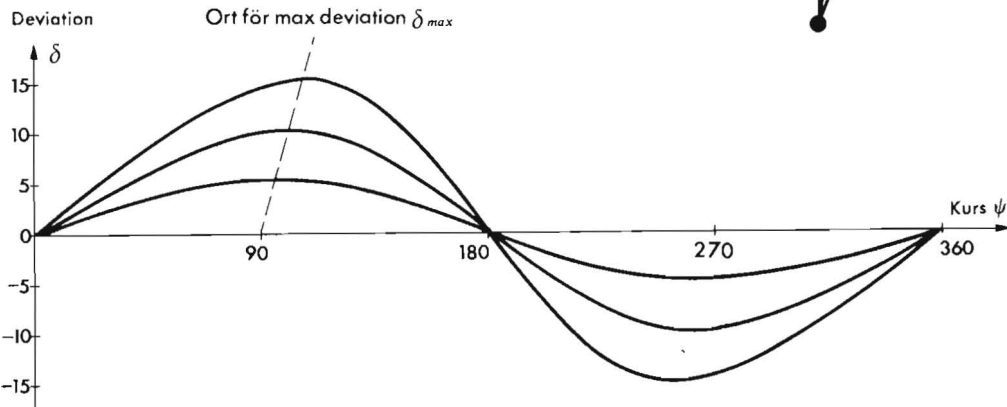


Bild 110. Deviationens kursberoende

När kursgivaren vrids runt ett varv vrider sig det av statorn alstrade fältet i elgonen K5 också ett varv synkront med kursgivarens vridning, såvida deviationen är noll. Samtidigt vrider sig kursgyrot och därmed kursaxeln och rotorn i elgonen K5. Är givaren och kursgyrot synkroniserade vid en kurs, dvs spänningen ut från elgonen K5 är noll, kvarstår denna synkronisering varvet runt. Finns en deviation får fältet i elgonen en annan riktning och som följd härav en komponent i rotorns riktning. Detta ger en spänning i rotorn. Denna spänning är noll när vinkeln ψ i bild 109 är 0° och 180° . Restspänningen varierar sinusformigt varvet runt. Storlek och fas bestäms av deviationens storlek och riktning. Om denna restspänning kompenseras av en spänning lika stor och motriktad erhålls nollspänning varvet runt.

DEVIERINGSKURVA

Vid deviering av ett flygplan upptas en devieringskurva. Härvid ställs flygplanet upp på en magnetiskt ostörd plats och vrids ett varv, varvid man läser av kursfelet vid var 30:e grad och ritar upp en devieringskurva. Ur denna beräknas A-felet som medelvärde av samtliga avläsningar med hänsyn tagen till tecknet. A-felet är alltså ett konstant kursfel och kan förorsakas t ex av att kursgivaren inte är rätt orienterad i flygpla-

net. Det resterande felet kallas B-felet. B-felet varierar i allmänhet i stort sett sinusformigt med kursen och karakteriseras av sin amplitud och sitt läge i förhållande till kursen.

MANÖVERDON

Manöverdonen för deviering sitter under luckan på manöverlådan. A-felet kompenseras med en konstant spänning som adderas till K-förstärkarens ingång, se bild 111. En frekvensdubblare matar primärsidan på transformatorn T3 i manöverlådan. Transformatorn matar över latitudomkopplaren potentiometrarna A-FEL och MISSVISN, den senare placerad på manöverlådans panel. När båda potentiometrarna står i sina mittlägen är spänningen till K-förstärkarens A-felsingång noll.

Det jordmagnetiska fältets horisontalkomponent B är störst vid ekvatorn och avtar till noll vid polerna. Därför är potentiometrarnas matningsspänning kopplad över latitudomkopplaren, varvid kompenseringsspänningen ungefärligen har satts proportionell mot $\cos \lambda$.

För kompensering av B-felet finns under locket på manöverlådan en potentiometer för B-styrka och en elgon för B-läge, båda märkta B-FEL. Potentiometern matas med spänning av frekvensen 800 Hz från transformatorn T3, och matar sedan i sin tur elgonrotorn, se bild 111. Elgonen är belastad med jämföraren K6 på kursaxelservot, varför den inställda kompenseringsspänningen kommer att variera sinusformigt med kursvinkeln ψ . Den kurs där maximal kompensering erhålls bestäms av B-felsingonens rotorläge och är angiven med en skala på manöverlådan.

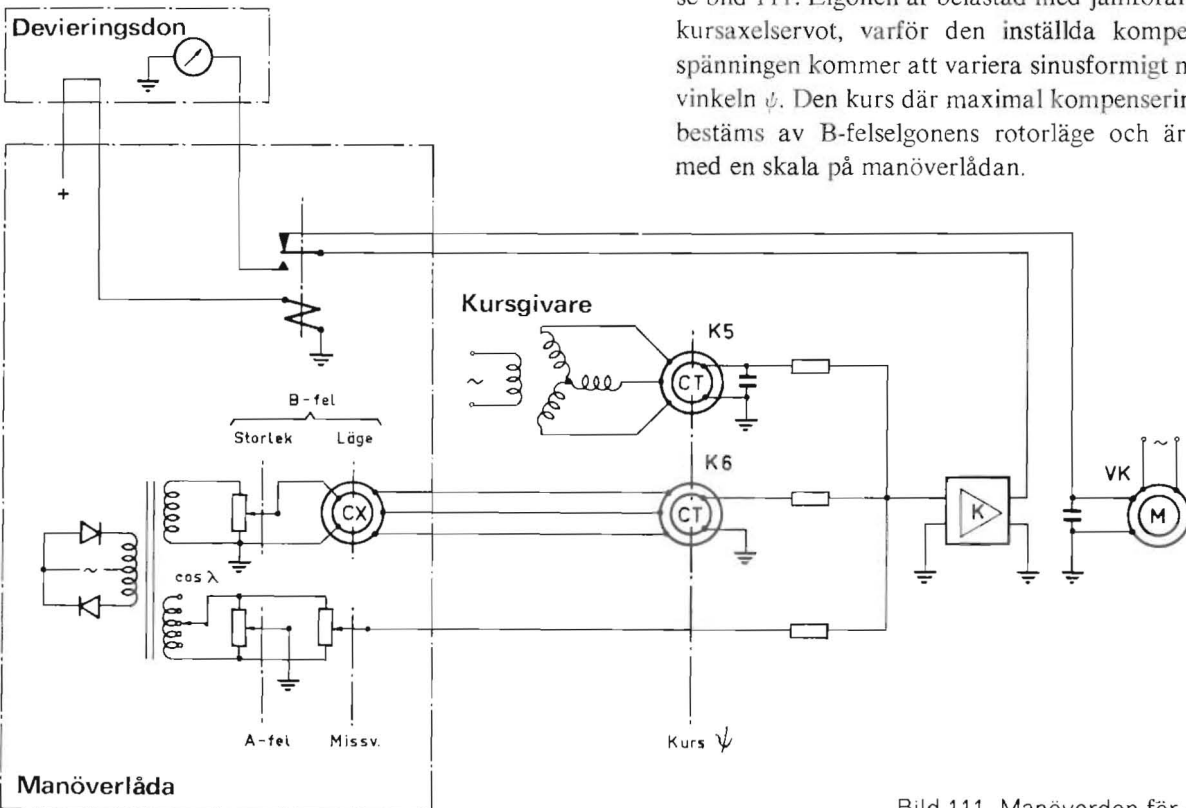


Bild 111. Manöverdon för deviering

DEVIERINGSDON

Kretsschema bild 112.

För att underlätta upptagningen av devieringskurvan använder man ett instrument kallat Devieringsdon M 3744—806610. Devieringsdonet är en faskänslig voltmeter som ansluts med en fast kabel till manöverlådans hylstag under locket.

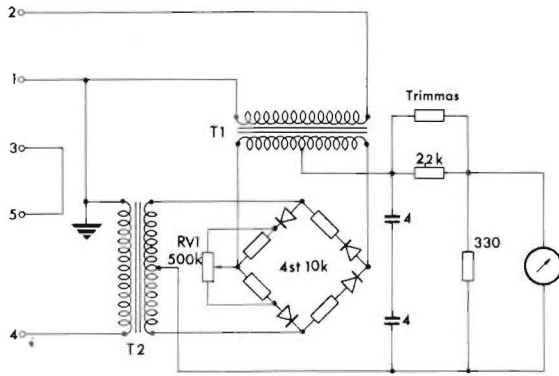


Bild 112. Devieringsdon, kretsschema

Devieringsdonet består av en ringdemodulator matad med en referenstransformator T1 och en signaltransformator T2. Likspänningen tas ut mellan transformatorernas mittpunkter, filtreras och matas in på panelinstrumentet. Demodulatorn kan balanseras med potentiometern RV1 inuti devieringsdonet. Stifttaget har en kortslutning mellan stiften 3 och 5. Vid donets anslutning kopplas +29 V till relät RL3 i manöverlådan. När relät slår till kopplas kursövervakningen bort och K-förstärkarens utspänning ansluts till motståndet R9 och vidare till signaltransformatorn i devieringsdonet. K-förstärkarens utspänning kan alltså av-

läsas på devieringsdonets voltmeter. När relät RL3 i manöverlådan slår till kopplas även fartkompenseringen bort. Förloppet kan studeras på funktionsschemat bilaga 7.

UPPTAGNING AV DEVIERINGSKURVA

Vid upptagning av devieringskurvan ansluts devieringsdonet till manöverlådan. Den aktuella missvisningen ställs in med missvisningsratten på manöverlådan, varvid östlig missvisning kompenseras genom att man vrider ratten mot minus. A- och B-felspotentiometrarna ställs på noll. Flygplanet ställs på önskad kurs, t ex 30°. Med kursinställningsvredet KURS på manöverlådan ställs kursgyrot in så att devieringsdonet visar nollspänning, varefter kursen avläses på kursindikatorn. Visar denna 33° är deviationen -3°. Är den avlästa kursen mindre än den rätta får deviationen positivt tecken. På detta sätt tar man upp devieringskurvan för var 30:e grad och kurvan ritas upp. A-felet beräknas som medelvärdet av samtliga avläsningar med hänsyn tagen till tecknet. En linje motsvarande A-felet läggs in i devieringskurvan, se bild 113.

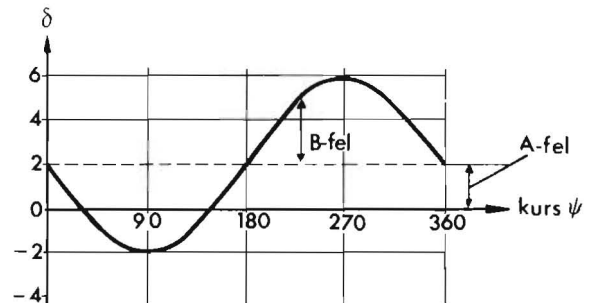


Bild 113. Devieringskurva

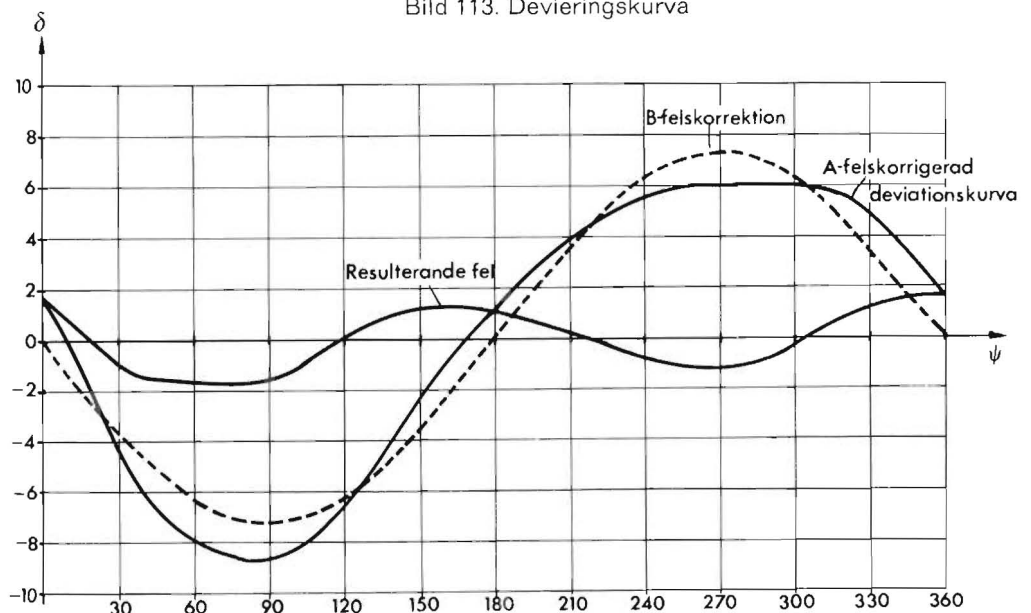


Bild 114. Kvarstående kursfel

Om devieringskurvan är sinusformad kan deviationen helt kompenseras och det resulterande kursfelet blir noll. Normalt avviker emellertid devieringskurvan från sinusform och kan t ex ha ett utseende enligt bild 114, där A-felet antas korrigerat. Genom val av rätt

läge och storlek hos B-felskorrektionen kan det resulterande kursfelet nedbringas till ett minimum. Detta visas på bild 114.

Devieringsförfarandet framgår mera detaljerat av de tryckta protokoll som upprättats för deviering av Fli-23.