

Ur vårt Digitala Arkiv

Beskrivning Radarhöjdmätare PH-11/A

Utgiven av Kungl. Flygförvaltningen den 7/9 1961

Denna digitala version omfattar:

- Innehållsförteckning
- Inledning
- Handhavande
- Konstruktion
- Verkningsätt

Dokumentet i sin helhet med bilagor finns på
Flygvapenmuseum LIBRIS-ID: 8899042

Inskannat 2011-08-11

FLYGVAPNET

KUNGL. VÄSTGÖTA
FLYFLOTTILJ
FÖRFÖRRÅDET
GÖTTESBORG

RADARHÖJDMÄTARE PH-11/A

BESKRIVNING

Exemplar nr

030

KUNGL FLYGFÖRVALTNINGEN

Fastställes

Stockholm den 7/9 1961

T. Bergens/C.L. Palm

INNEHÅLL

Inledning	1
Allmänt	1
Tekniska data	1
FM-radarprincipen	2
Frekvensräknaren	3
Systemfel	4
Allmänt	4
Kvarstående höjdfelet	4
Vägskillnadsfelet	5
Fasta felet	6
Handhavande	8
Allmänt	8
Tillslagning	8
Orientering för flygande personal	8
Viktigare data	8
Apparatens normala beteende	8
Några tänkbara fel och hur de yttrar sig på instrumentet	9
Konstruktion	10
Monteringsbädden	10
Apparatenheten	10
Allmänt	10
Sändarenheten	12
Moduleringsmotorn	12
Blandarenheten	13
LF-enheten	13
Höjdlägesenheten	14
Kraftenheten	14
Antennerna	14
Indikatorn	15
Verkningsätt	16
Allmänt	16
Kraftförsörjningen	17
Sändaren	17
Moduleringsmotorn	19
Antennerna	19
Blandaren	20
LF-förstärkaren	21
Multivibratorn	23
Förstärkningskontrollen	24
Frekvensräknaren	26
Höjdhållningsindikeringen	27
Allmänt	27
Höjdlägeskretsarna	27

Bilagor

LF-enhetens undersida.	Detaljplacering	Bilaga 1
LF-enhetens översida.	Detaljplacering	Bilaga 2
Höjdlägesenheten.	Detaljplacering	Bilaga 3
Kraftenheten.	Detaljplacering	Bilaga 4
Omformarens monteringsplatta.	Detaljplacering	Bilaga 5
Monteringsbädden.	Detaljplacering	Bilaga 6
Radarhöjdmätare PH-11/A.	Kretsschema	Bilaga 7

BILDFÖRTECKNING

Bild nr	Bildtext	Sida
1	Radarhöjdmätare PH-11/A	1
2	Förenklat blockschema över en FM-radarhöjdmätare	2
3	FM-radarprincipen	3
4	Frekvensräknare	3
5	Kvarstående höjdfelet	4
6	Vägskillnadsfelet	5
7	Det fasta felet	6
8	Det fasta felets variation med höjden	7
9	Monteringsbädden	10
10	Apparatenhetens översida	11
11	Apparatenhetens undersida (sändarenhetens lock avtaget)	11
12	Moduleringskondensatorn och lecherledningen	12
13	Moduleringsmotorn utan skyddskåpa	12
14	Blandarenheten	13
15	Höjdlägesenheten med avtagen kåpa	14
16	Antennerna	14
17	Indikatorn	15
18	Blockschema över PH-11/A	16
19	Sändaren	18
20	Frekvensens variation med rotorvridningen	18
21	Moduleringsmotorn	19
22	Slitsantenn	19
23	Inbyggd slitsantenn	20
24	Blandningens princip	21
25	Blandaren	21
26	LF-förstärkaren	22
27	LF-förstärkarens karakteristik	22
28	Kurvformer i LF-enheten	23
29	Multivibratorn och katodföljaren	24
30	AFK-kretsen	25
31	AFK-detektorns karakteristik	25
32	Frekvensräknaren med kompenseringskretsen	26
33	Höjdlägesindikeringens princip	27
34	Höjdlägesindikeringskretsarna	28
35	Höjdlägesenhet, utspänning	28

(

(

(

(

INLEDNING

ALLMÄNT

Radarhöjdmätare PH-11/A är en flygburen utrustning för mätning av flygplanets höjd över underliggande terräng, företrädesvis över hav.

Radarhöjdmätaren består av följande enheter:

apparatenhet	SFR-25877
monteringsbädd, komplett	SFR-25888
mottagarantenn	SFR-25884M
sändarantenn	SFR-25884S
indikator	ERMI-VRF 5102

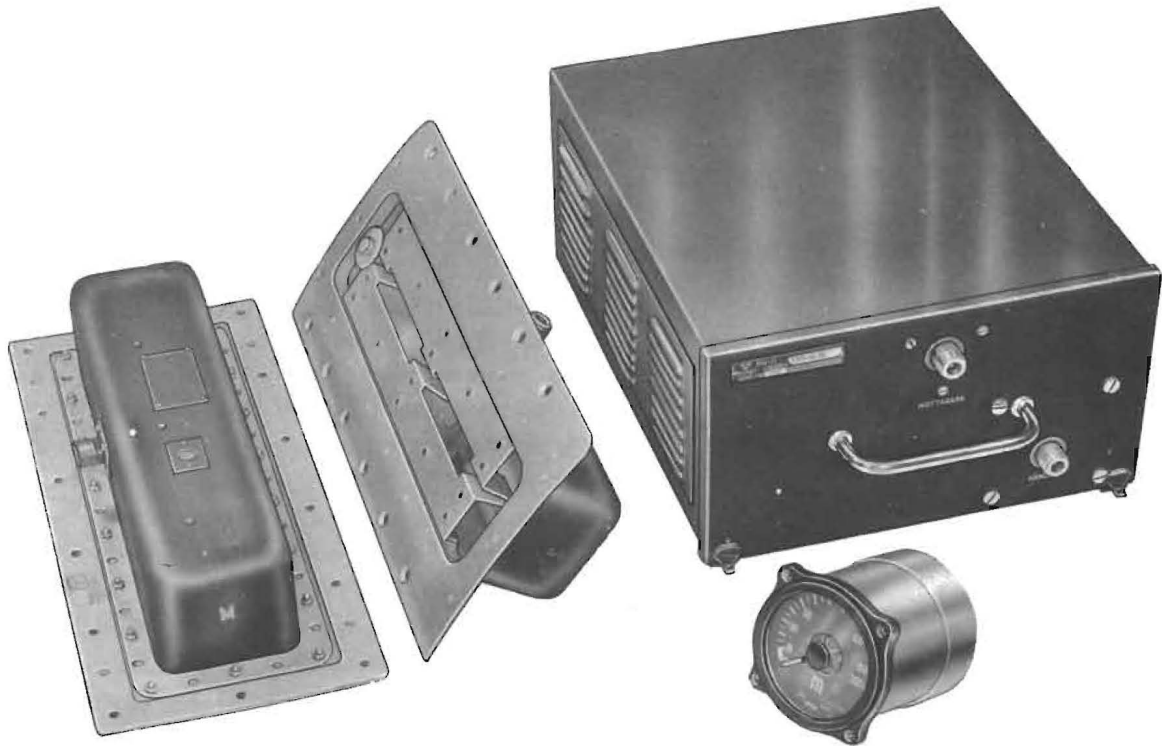


Bild 1. Radarhöjdmätare PH-11/A

TEKNISKA DATA

Arbetsområde:	10-200 m	Moduleringstyp:	FM
Noggrannhet:	$\pm 5\%$ eller ± 2 m inom rollvinklarna 50° , samt stig- och dykvinklarna 40° .	Uteffekt:	$0,7 \text{ W} \pm 30\%$
Släpphöjd (drop-out):	300-800 m över land och 500-1000 m över vatten.	Medelfrekvens:	440 MHz
Låshöjd (lock on):	600-300 m över land och 800-300 m över vatten	Frekvenssving:	$40 \text{ MHz} + 0 - 2 \text{ MHz}$
		Moduleringsfrekvens:	$135 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$
		Frekvensskillnad:	72 Hz/m

Sändarens amplitudmodulering:	< 7 %
Moduleringsmotorns hastighet:	4050 r/m
LF-förstärkarens karakteristik:	2 kHz 73 ± 3 dB förstärkning
	7 kHz 98 ± 3 dB -"-
	20 kHz 109 ± 3 dB -"-
Kraftkällor:	28 V 4 A = max
	19 V 2 A = stabiliserad

Mått och vikt:

Enhet	Vikt kg	Längd mm	Bredd mm	Höjd mm
apparatenheten	10	370	270	155
monteringsbädd komplett	1	430	265	105
antennerna	2x0,65	340	110	75
indikatorn	0,85	Stora normen		

FM-RADARPRINCIPEN

Frekvensmodulerad radar används huvudsakligen när man skall bestämma ett flygplans absoluta höjd över marken.

En frekvensmodulerad radarhöjdmätare innehåller en sändare, vars frekvens varierar periodiskt. Sändarens signal sänds ut dels direkt till mottagaren, dels mot marken, där den reflekteras.

Den reflekterade signalen anländer till mottagaren med en fördröjning, som är lika med tiden för dess väg fram och tillbaka.

Eftersom sändaren hela tiden ändrar frekvens, skiljer sig den reflekterade signalens frekvens från den direkta signalens frekvens. Denna skillnadsfrekvens är således proportionell mot höjden.

Skillnadsfrekvensen mäts därefter med en frekvensräknare. Denna styr ut ett visarinstrument, som är graderat i meter.

Sändarens frekvens varierar mellan två gränser, f_1 och f_2 enligt en periodisk funktion av tiden.

Denna funktion kallas moduleringsfrekvensen, (f_m) och kan teoretiskt antas vara triangelformad.

Den heldragna kurvan i bild 3a representerar den utsända signalen, som samtidigt matas in i mottagaren.

Den utsända signalen tillryggalägger sträckan $2h$ (h = flygplanets höjd) från sändaren till marken och tillbaka till mottagaren med den konstanta hastigheten c (radiovägens fortplantningshastighet).

Signalens tidfördröjning blir då:

$$\Delta t = \frac{2h}{c} \dots \dots \dots (1)$$

Den reflekterade signalen representeras i bild 3a av den streckade kurvan. Under tiden Δt har sändarens frekvens hunnit ändra sig med beloppet Δf . Av kurvan framgår att Δf är proportionell mot t och därmed mot h .

Detta gäller dock inte när sändarens frekvens är i närheten av gränsvärdena f_1 och f_2 . I ett visst ögonblick kommer nämligen den utsända och den reflekterade signalens kurvor att korsa varandra och skillnadsfrekvensen blir 0. Detta inträffar i början och slutet av varje halvperiod $\frac{T}{2}$ (se bild 3b).

Då Δt är liten i förhållande till $\frac{T}{2}$ har detta ingen praktisk betydelse.

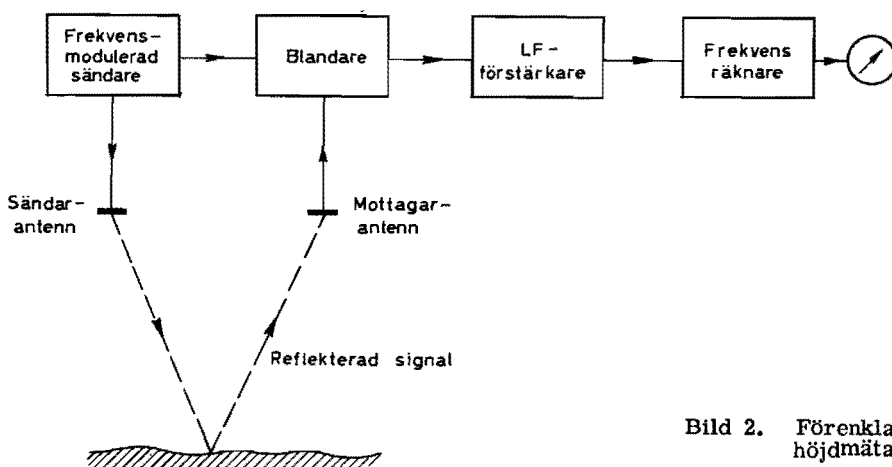


Bild 2. Förenklat blockschema över en FM-radarhöjdmätare.

Storleken av Δf är som tidigare nämnts beroende av Δt . Under tiden för en halvperiod ($\frac{T}{2}$), av moduleringsfrekvensen f_m , ändrar sig signalfrekvensen från f_1 till f_2 .

$$\frac{T}{2} = \frac{1}{2f_m} \dots \dots \dots (2)$$

Man kan således skriva:

$$\frac{\Delta f}{\Delta t} = \frac{f_2 - f_1}{\frac{T}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

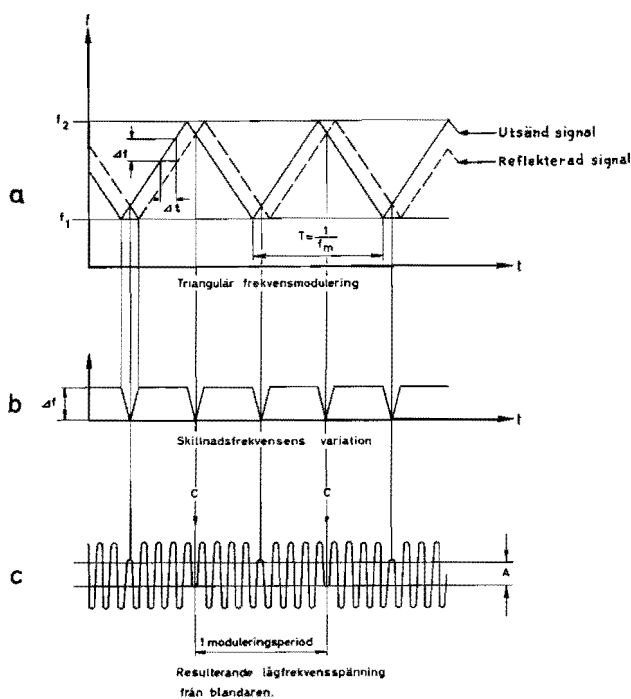


Bild 3. FM-radarprincipen.

Genom att sätta in ekv 2 i ekv 3 och lösa Δf får man:

$$\Delta f = \frac{(f_2 - f_1)}{\frac{1}{2f_m}} \Delta t \dots \dots \dots (4)$$

Enligt ekv 1 är $\Delta t = \frac{2h}{c}$ varför ekv 4 kan omskrivas till:

$$\Delta f = \frac{(f_2 - f_1) \cdot 4f_m \cdot h}{c} \dots \dots \dots (5)$$

Ur denna ekvation kan man få fram det viktiga sambandet $\frac{\Delta f}{h}$ dvs frekvensskillnad per meter.

$$\frac{\Delta f}{h} = \frac{(f_2 - f_1) \cdot 4f_m}{c} \dots \dots \dots (6)$$

Exempel:

För PH-11/A är $f_m = 135$ Hz, $f_2 - f_1 = 40$ MHz och $C = 3 \cdot 10^8$ m/s

$$\frac{\Delta f}{h} = \frac{40 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 135}{3 \cdot 10^8} = 72 \text{ Hz/m}$$

För varje meters höjdförändring ändras alltså skillnadsfrekvensen från blandaren med 72 Hz. (Detta är ett teoretiskt värde. På grund av ett systemfel, som behandlas längre fram, stämmer detta inte exakt.)

Denna skillnadsfrekvensspänning förstärks i en LF-förstärkare varefter den triggas en multivibrator. Multivibratören alstrar en fyrkantspänning med samma frekvens som den triggande signalen och med konstant amplitud. Fyrkantspänningen likriktas och differentieras, varpå den styr ut en frekvensräknare. Frekvensräknaren matar en indikator, som är graderad direkt i meter.

FREKVENSRÄKNAREN

Frekvensräknaren består av en triggad multivibrator, som lämnar en fyrkantspänning med konstant amplitud samt en anordning som alstrar en mot frekvensen svarande ström.

Fyrkantvågen från multivibratören laddar under de positiva halvperioderna kondensatorn C. Dioden V1 blir ledande och en ström flyter genom indikatorn M.

Under de negativa halvperioderna leder dioden V2 och laddar ur kondensatorn.

Om U är spänningsvariationen över multivibratören, så får kondensatorn C varje halvperiod en laddning:

$$Q = C \cdot U \dots \dots \dots (7)$$

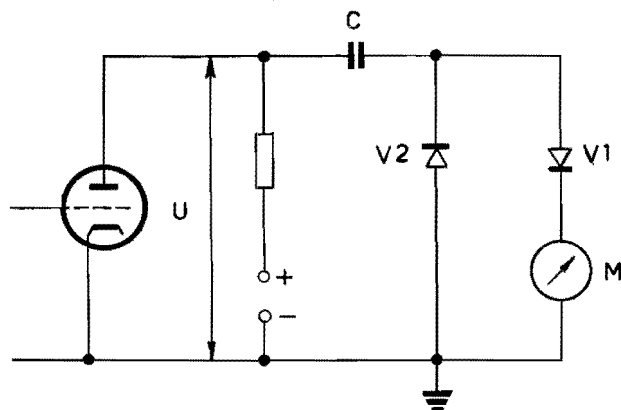


Bild 4. Frekvensräknare.

Antalet laddningar per tidenhet är Δf och indikatorn genomlöps av en ström:

$$I = \Delta f \cdot C \cdot U \dots \dots \dots (8)$$

Om nu C och U är konstanta blir strömmen I beroende av beloppet Δf . Genom att föra in uttrycket för f (ekv 5) får man

$$I = \frac{(f_2 - f_1) 4f_m \cdot h}{c} \cdot CU \dots \dots \dots (9)$$

Under förutsättning att frekvenssvinget $f_2 - f_1$ och moduleringsfrekvensen f_m är konstanta ser man av ovanstående ekvation att strömmen genom indikatorn är beroende av höjden h .

Man kan således gradera indikatorn direkt i meter.

SYSTEMFEL

Allmänt

I frekvensmodulerade radarhöjdmätare har man huvudsakligen tre fel, nämligen det kvarstående höjdfelet, vägskillnadsfelet och det fasta felet.

Kvarstående höjdfelet

Kvarstående höjdfelet uppkommer genom att den reflekterade signalen har längre väg att gå än den direkta signalen även vid nollhöjd. Den reflekterade signalen går dels genom antennledningarna L_s och L_m , (se bild 5), dels genom luft, sträckorna h_s och h_m .

Fördröjningen i ledningarna är längre än i motsvarande sträcka luft, beroende på att signalens fortplantningshastighet är lägre i ledning än i luft.

Sträckorna h_s och h_m är beroende av flygplanets höjd över marken, vilket ger upphov till det så kallade vägskillnadsfelet, som behandlas i nästa avsnitt.

Det kvarstående höjdfelet h_k kan erhållas ur ekva-

tionen

$$h_k = 0,5 \left(\frac{L_s + L_m}{m} + h_s + h_m \right) \dots (10)$$

där L_s och L_m är antennledningslängderna, m konstanten för relativa fortplantningshastigheten i ledningarna samt h_s och h_m signalens väg i luft (se bild 5).

Om L_s och L_m är 8 m vardera, $m=0,66$ för polytenisolerad ledning samt h_s och h_m 5 m vardera får man:

$$h_k = 0,5 \left(\frac{8+8}{0,66} + 5 + 5 \right) \approx 17 \text{ m}$$

När flygplanet står på marken får man således en viss ström genom indikatorn. Denna ström svarar mot det kvarstående höjdfellets skillnadsfrekvens. För att få 0-indikering kompenseras strömmen som motsvarar det kvarstående höjdfelet, med en motriktad ström I genom indikatorn. (2 mA för fullt utslag = 300 m på indikatorn):

$$I = \frac{17}{300} \cdot 2 = 0,11 \text{ mA} = 110 \mu\text{A}$$

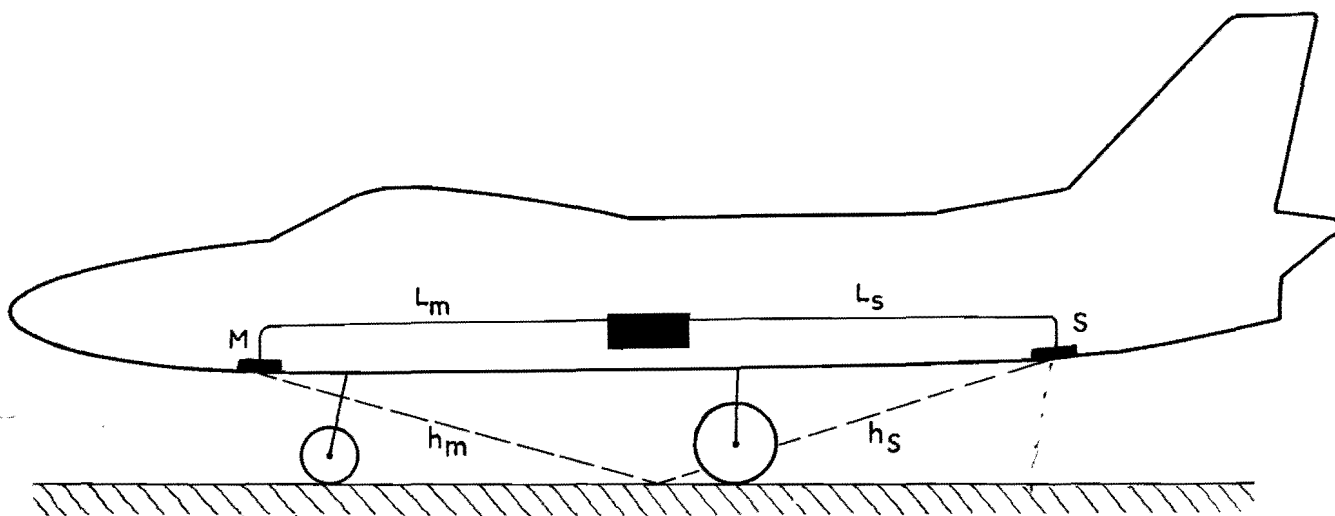


Bild 5. Kvarstående höjdfelet.

Vägskillnadsfelet

Vägskillnadsfelet uppkommer genom att antennerna är monterade på visst avstånd från varandra. Felet är störst när flygplanet står på marken och minskar med ökande flyghöjd.

När flygplanet står på marken går signalen sträckan $h_s + h_m$ i bild 5 (om man bortser från ledningarna). Denna väg är längre än $h'_s + h'_m$ (bild 6). Således får man en vägskillnad beroende av h :

$$(h_s + h_m) - (h'_s + h'_m)$$

Eftersom "höjden" är lika med halva vägen för signalen blir vägskillnadsfelet hälften av ovanstående.

Vägskillnadsfelet ingår i kvarstående höjden när flygplanet står på marken (jmf. bild 5). Av bild 17 framgår att 0 meter på indikatorn är utmärkt vid andra skalstrecket, varför en viss ström flyter vid 0 meters höjd. Denna ström härrör således från vägskillnadsfelet.

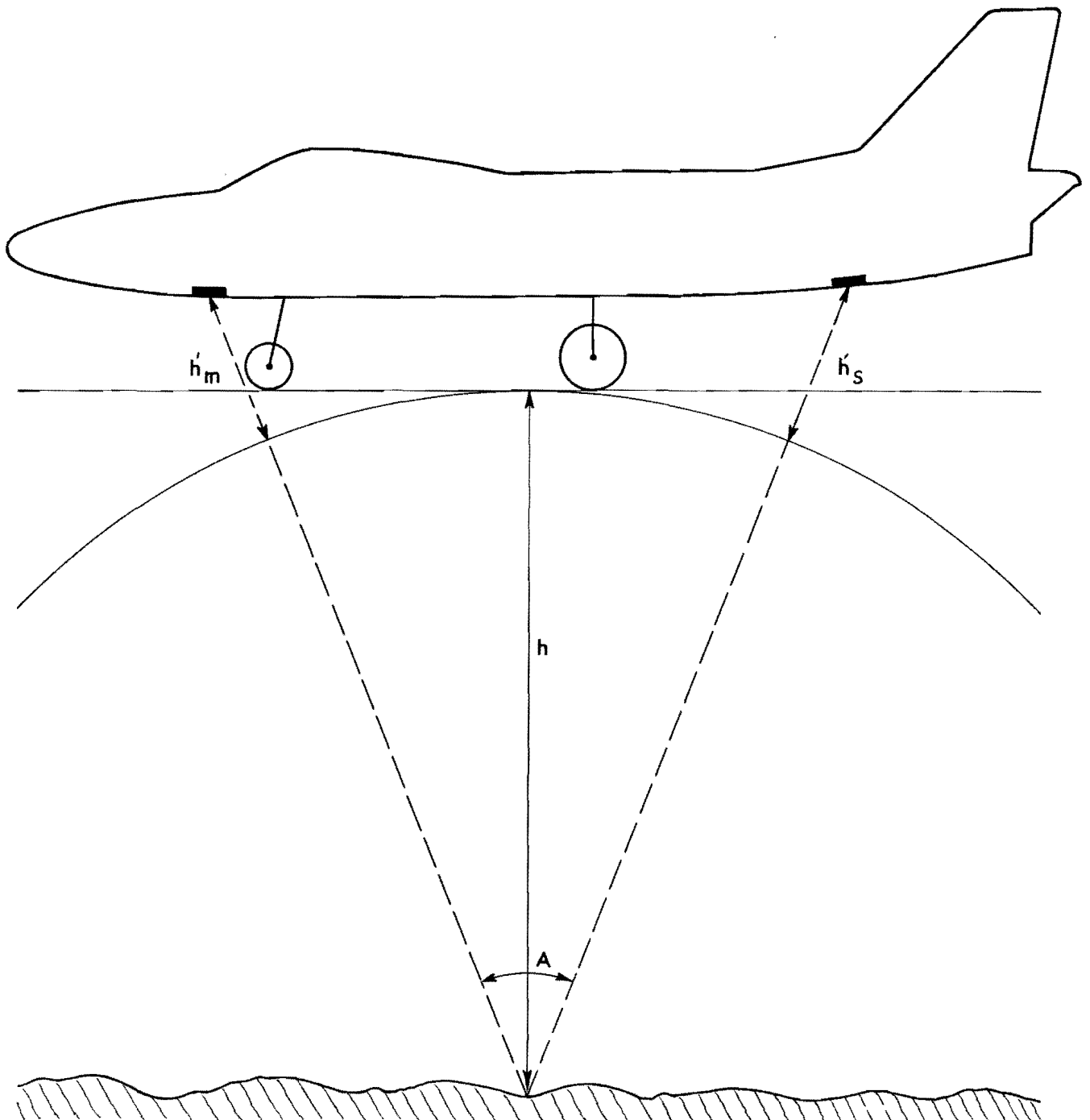


Bild 6. Vägskillnadsfelet.

När flygplanet lyft minskar felet med ökande höjd (h'_s och h'_m samt vinkeln A i bild 6 minskar).

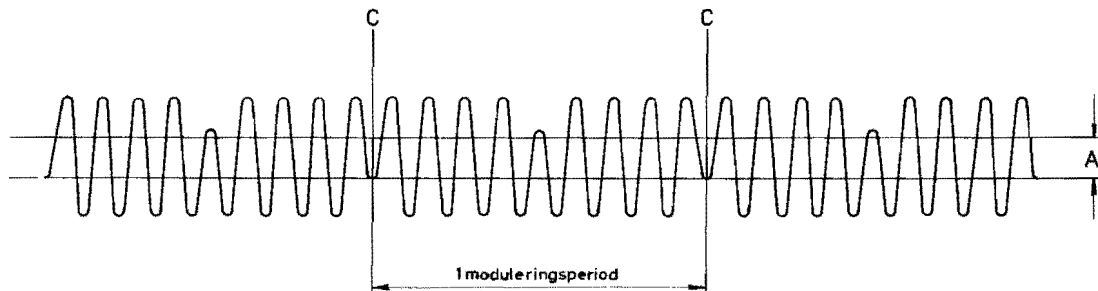
Hänsyn till felet vid flyghöjder under 30 meter har tagits genom sammantryckning av graderingen på skalan.

På höjder över 30 meter är felet så litet att det inte har någon praktisk betydelse.

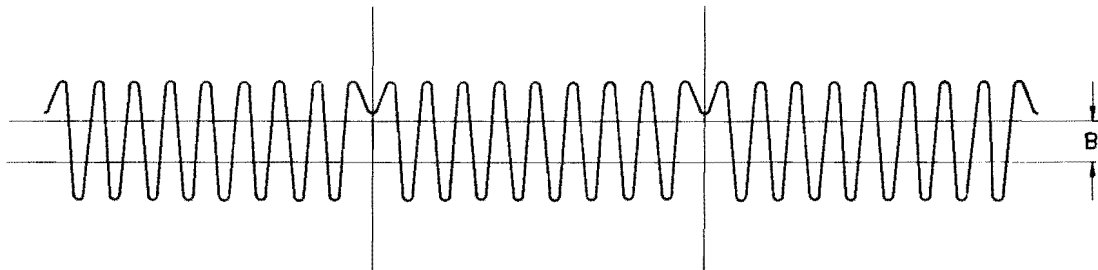
Fasta felet

Det fasta felet ligger i metoden med frekvensräkningen, som skall ge en mot höjden svarande ström genom indikatorn.

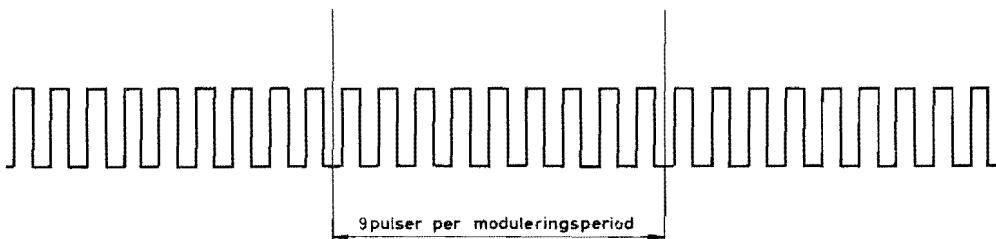
Bild 7a visar den resulterande skillnadsfrekvensen vid höjden h . I bild 7b har höjden ökat med $1/16 \lambda$ vilket innebär en fasändring av ungefär 45° (vågens



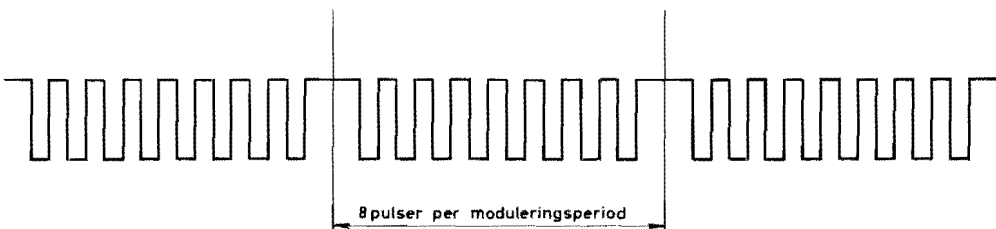
a. Resultande skillnadsfrekvens vid höjden h



b. Resultande skillnadsfrekvens vid höjden $h + \frac{\lambda}{16}$



c. Fyrkantspänning från multivibratorn efter trigging enligt fall a.



d. Fyrkantspänning från multivibratorn efter trigging enligt fall b.

Bild 7. Det fasta felet.

våg har ökat $2 \times 1/16 \lambda = 1/8 \lambda \cdot \sigma = 45^\circ$) vid början och slutet av moduleringsperioden.

Bild 7c och d visar fyrkantspänningen från multivibratören efter trigging från LF-förstärkaren enligt bild 7a och b.

Av bilderna framgår att antalet pulser från multivibratören minskar istället för att öka vid ökad höjd. Detta resulterar i en mindre ström genom indikatorn, och utslaget minskar alltså trots ökad höjd.

Orsaken till detta är att en företagen höjdändring inte alltid innebär en ändring av ett helt antal perioder av skillnadsfrekvensen inom moduleringsperioden.

Men eftersom multivibratören endast kan producera pulser av hela skillnadsfrekvensperioder uppträder felet inom varje moduleringsperiod (jämför bild 8).

Om nu antalet skillnadsfrekvensperioder inom moduleringsperioden antas vara n erhålls:

$$\Delta f = n \cdot f_m \dots \dots \dots (11)$$

Minskas eller ökas antalet perioder med minsta möjliga antal dvs 1, innebär detta en ändring av

$$\Delta f = f_m \dots \dots \dots (12)$$

Ur ekv 5 löses h

$$h = \frac{\Delta f \cdot c}{4f_m (f_2 - f_1)} \dots \dots \dots (13)$$

Sätter man in ekv 11 i ekv 12 erhålls fasta felet Δh

$$\Delta h = \frac{c}{4 (f_2 - f_1)} \dots \dots \dots (14)$$

vilket för PH-11/A blir 1,875 m.

Om man genomför en analys av ett höjdområde, liknande den som gjorts i bild 7 erhålls en kurva, som visas i bild 8.

Av bilden framgår att skillnadsfrekvensen, som är proportionell mot höjdindikeringen, ändras i steg om f_m . Höjdområdet inom varje multipel av f_m kallas fasta felet.

Höjdindikeringen är således inte proportionell mot flyghöjden i varje ögonblick, utan ändras i steg om f_m vilket också framgår av ekv 11. ($f_m = 135$ Hz vilket således motsvarar 1,875 m eftersom

$$\frac{\Delta f}{h} = 72 \text{ Hz).$$

Under normala flygförhållanden jämnas det fasta felet ut av den underliggande terrängens mindre höjdvariationer och av olikheter i lufttryck och luftfuktighet, men kan under vissa omständigheter förorsaka att höjdindikeringen sker stegvis.

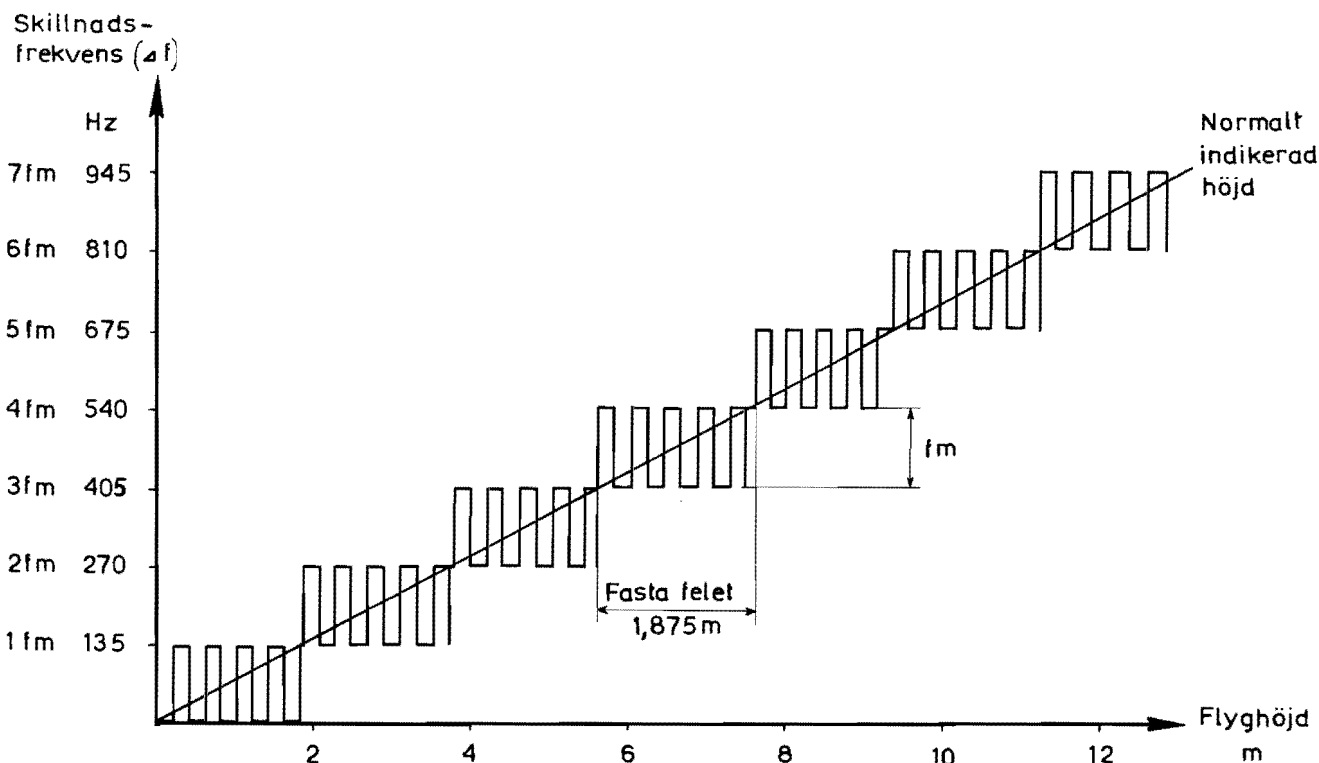


Bild 8. Det fasta felets variation med höjden.

HANDHAVANDE

ALLMÄNT

Höjdmätaren mäter flygplanets absoluta höjd över underliggande terräng inom området 10-200 meter. Vid överflygning av terrängförändringar som har liten utsträckning i förhållande till flygplanets hastighet mäts

dock medelvärdet av höjden.

När höjdmätaren är fränslagen, skall indikatorns visare stå på första (tunna) skalstrecket.

TILLSLAGNING

1. Ställ strömställaren RADARHÖJDMÄTARE (i typ S32 LUNA) i läge TILL.
2. Vänta ca 2 minuter.
3. Höjdmätaren är klar för användning.

ORIENTERING FÖR FLYGANDE PERSONAL

Viktigare data

Indikeringsområde:	10 - 200 m
Noggrannhet:	±2 m mellan 10 och 40 m, över 40 m ± 5%
Max rollvinkel:	±50°
Max stig- och dyk- vinklar:	±40°

Apparatens normala beteende

Vid tillslag ger visarinstrumentet först negativt utslag, för att efter ungefär 30 sekunder göra ett kort ryck uppåt. Om flygplanet är uppställt i närheten av andra flygplan, rulltankar, skogsdungar eller liknande kan instrumentet visa avstånd till dessa i stället för till marken under flygplanet, beroende på att reflexerna från dessa föremål kan vara kraftigare än mark-ekot.

Vid rullning på taxibana pendlar av samma orsak visaren mellan minusläge och indikering av avstånd till föremål vid sidan av flygplanet.

Vid rullning å startbana skall visaren stå under 10 m-strecket. Vid start skall indikatorn "haka på" omedelbart efter lättning och följa stigningen till 200 m-strecket för att därefter stiga ytterligare mot sitt

maxläge, där den "faller ur" (s k drop-out) vid mellan 300 - 1000 m flyghöjd beroende på flygplantyp och underliggande terräng. När indikatorn faller ur skall visaren med ett par snabba ryck gå ned och visa mellan 40 och 10 m för att vid 2000 m flyghöjd eller däröver visa under 10 m-strecket. Eftersom den reflekterade signalen är mycket kraftigare över vatten sker drop-out på större höjd över vatten än över land. Vid dykning från höjder över drop-out-höjden (då visaren står under 10 m-strecket) gör visaren vanligen några ryck innan den markant går upp till över 200 m-strecket, s k lock-in, för att därefter visa höjden över marken ända ned till under 10 m.

Vid flygning på gränsen mellan drop-out och lock-in-höjd pendlar visaren regelbundet över hela skalan, företrädesvis den lägre delen. Dettå är fullt normalt, och beror på att signalen reflekteras olika över vatten och fast mark, varför man ett ögonblick kan befinna sig i lock-in-höjd över te en å eller sjö för att i nästa ögonblick befinna sig i drop-out-höjd över en åker eller skog. Likaså reflekterar föremål på marken signalen olika.

Vid bankning inom lock-in området mer än ±50° blir visaren först orolig ett ögonblick, för att därefter snabbt falla ur och gå ned under 10 m-strecket. När rollvinkeln åter blir mindre än 50° sker på nytt lock-in och instrumentet visar åter den aktuella flyghöjden

över marken. Förhållandet är samma när de maximala dyk- och stigvinklarna överskrids. Observera att PH-11/A alltid mäter kortaste höjd över underliggande terräng oberoende av flygplanets läge inom givna banknings-, dyk- och stigvinklar. Indikerad höjd avser dock avståndet från det tänkta plan som befinner sig mitt under flygkroppen mellan utfällt hjul i bakre landningsstället och underliggande terräng. Detta innebär att den nedre vingspetsen kan finnas sig under indikerad flyghöjd vid bankning på låg höjd.

Vid flygning över skog visar höjdmätaren avstånd till ett tänkt höjdplan mellan marken och trädkropparna. Ju tätare skogen är desto närmare trädkropparna ligger detta tänkta plan.

Vid flygning på låg höjd över vatten är indikeringen synnerligen stabil ned till 10 m. Den enda felindikering som här normalt uppträder är systemfelet (± 2 m under 40 m och $\pm 5\%$ över 40 m flyghöjd). Vid flygning över is är indikeringen lika stabil, men höjdmätaren mäter avståndet till punkter mellan isen och underliggande medium (vatten eller mark). Detta bör observeras vid flygning över t e glaciärer och tjockare isar.

Vid utfällt landningsställ är drop-out- och lock-in-höjderna omkring 100 - 200 m lägre än med infällt landningsställ. Detta beror på att signalen också reflekteras av landningsstället, vilket vid flyghöjder över 100 - 200 m medför att apparaten visar vissa tendenser att välja mellan markreflektad signal och signal reflekterad av landningsstället. Detta kan resultera i något oroliga visarutslag på instrumentet. Radarhöjdmätare PH-11/A är alltså inget lämpligt landningsinstrument, utan ett lågflygningsinstrument som bl a är lämpligt att använda vid flygning på lägsta höjd över vatten även vid bleke eller i mörker. Det är även ett mycket användbart lågflygningsinstrument vid speciella tillfällen såsom planbombfällning mot fartygs mål etc.

Några tänkbara fel och hur de yttrar sig på visarinstrumentet

Eventuella fel i apparaten yttrar sig på instrumentet i första hand så att drop-out erhålls, d v s instrumentet visar under 10 m, i andra hand så att visaren blir mycket orolig och pendlar fram och åter över skalan eller en större del därav. Någon direkt felvisning utöver systemfelet ± 2 m eller $\pm 5\%$ skall således inte kunna förekomma. Eftersom radarhöjdmätaren när detta skrivs ännu inte varit i drift i flygplan 32 vid flottljuderna kan här endast en del tänkbara fel och det sätt på vilket de praktiskt yttrat sig vid simulering diskuteras.

- Vid strömavbrott visar instrumentet inget utslag eller (om avbrottet är på 19-voltspänningen) negativt utslag d v s visaren går mot undre stoppet.

- Vid avbrott i sändarantennen (den bakre antennen, placerad omedelbart framför sporren), visar instrumentet ett fixt läge, vanligtvis kring 0 m oberoende av flyghöjd och fart. På grund av sändarantennens placering är den utsatt för mycket kraftiga vibrationspåkänningar om sporren slår i landningsbanan vid aerodynamisk bromsning.

Skulle felet vara glappkontakt i antennledningen pendlar visaren mycket oroligt.

- Vid avbrott på mottagarantennen eller dess anslutningskabel visar instrumentet kring 0 m oberoende av flyghöjd och fart. Vid glappkontakt pendlar visaren mycket oroligt över hela området eller större delen därav.

- Om brytarspetsarna på modulationsmotorn bränner fast ökar motorns varvtal varvid visaren går ner under 10 m-strecket.

- Vid fel å övriga komponenter visar instrumentet drop-out eller i undantagsfall mycket oroliga utslag.

KONSTRUKTION

MONTERINGSBÄDDEN

Monteringsbädden (bild 9) uppär apparatenheten. Bädden är fjädrande så att apparatenhetens rör och andra ömtåliga detaljer skyddas mot vibrationer och stötar.

Bädden är av lättmetall och svartlackerad. De fjädrande elementen, som sitter mellan bädden och de två tvärgående skenorna, utgörs av fyra spiralfjädrar fyllda med stålull. Bädden är fastskruvad i skenorna med fyra skruvar och mellanliggande stålullsbrickor.

Bädden har baktill två styrstift, som passar i apparatenheten. Framtill sitter två fästskruvar med lätttrade muttrar. På apparatenhetens framsida sitter två lätt rundade fästvinklar, över vilka muttrarna passas.

Baktill finns en kopplingslåda med tre anslutningsdon och kretsen för kompensering av kvarstående höjdfel.

Anslutningsdonen utgörs av ett 15-poligt hylstag, med två styrstift, för apparatenheten; ett 8-poligt stifttag för anslutning av indikatorerna samt ett 4-poligt stifttag för kraft.

Kompenseringskretsen består av fyra motstånd 6R01 - 6R04 och en potentiometer 6P01. Kretsschemat återfinns i bilaga 7 och detaljplaceringen i bilaga 6.



Bild 9. Monteringsbädden.

APPARATENHETEN

Allmänt

Apparatenheten innehåller följande underenheter:

- sändarenhet med moduleringsmotor
- blandarenhet
- lågfrekvensenhet
- höjdlägesenhet
- kraftenhet

Detaljerna i de olika underenheterna är märkta med ett gruppnummer framför beteckningen. Som exempel är rör 1 i lågfrekvensenheten märkt 3Z01.

Enheten är uppbyggd på ett rektangulärt ramverk på vilket frontpanelen är fastsatt.

Ramverket är indelat i en främre och en bakre sek-

tion. Sektionerna skiljs med en vertikal vägg av lättmetallplåt. I den bakre sektionen finns kraftenheten. Övriga enheter finns i den främre sektionen.

I ramverkets bakre, nedre kant är ett 15-poligt stifttag fastsatt.

Frontpanelen har ett handtag samt anslutningsdon för sändar- och mottagarantennernas koaxialledningar.

Apparatenheten är innesluten i en kåpa av lättmetallplåt. På kåpans långsida finns "gälar" för ventilation. För samma ändamål finns ett antal hål i kåpans botten. Gälarna och hålen är täckta av finmaskigt trådnät.

Kåpan fästs baktill med två lätttrade, oförlorbara skruvar.

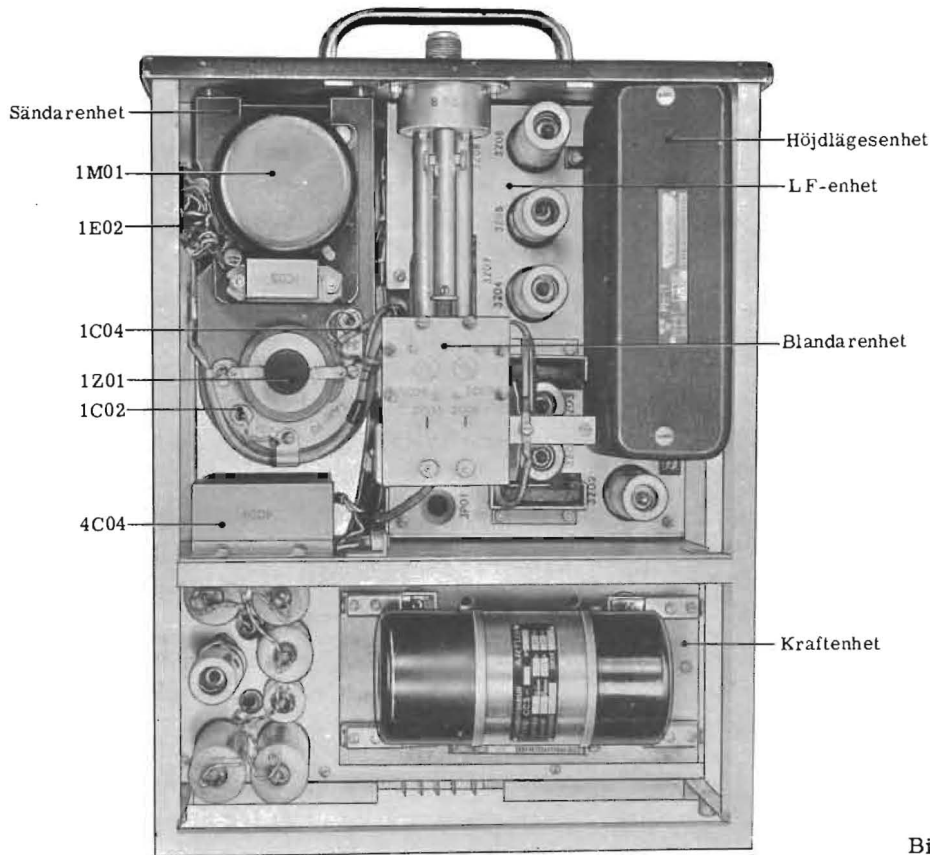


Bild 10. Apparatenhetens översida.

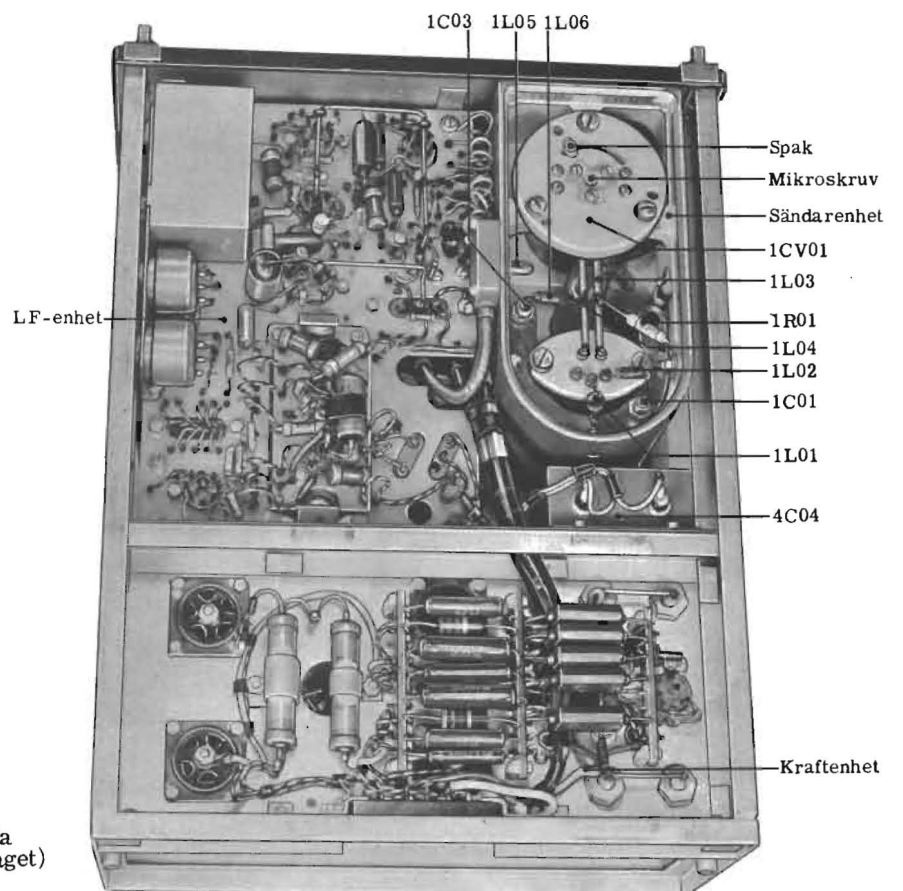


Bild 11. Apparatenhetens undersida (sändarenhetens lock avtaget)

Sändarenheten

Sändaren är innesluten i en gjuten lättmetalllåda som har ett lock av lättmetallplåt. Lådan är fastskruvad vid frontpanelen med fyra skruvar (se bild 10 och 11). På lådans översida och delvis försänkt i godset sitter moduleringsmotorn 1M01 med tillhörande kontaktdon 1E02.

Sändarrörets 1Z01 metalliska del är helt försänkt i godset. Röret hålls på plats av två fjädrande klammor.

Runt sändarröret finns en hästskeformad jordskena av mässingsplåt, i vilken genomföringskondensatorerna 1C02 och 1C04 är fastsatta.

På bottenlockets utsida sitter ett böjt kontaktbleck, som dels håller locket på plats, dels stomförbinder apparatenhetens kåpa på vilken ett motsvarande bleck är nitat.

För att stomförbindningen skall vara god finns på lockets insida ett antal fjädrande bleck, som gör kontakt med lådans försilvrade insida.

Locket kan lossas genom att man fattar med fingrarna över den rundade kanten, drar uppåt och därefter bakåt.

Omkring rörhållaren för sändarröret sitter en skena för stomanslutning av samma typ som på lådans översida. I skenan är avkopplingskondensatorerna 1C01 och 1C03 fastsatta.

Mellan rörhållarens anod- och galleranslutningar är en lecherledning, 1L03, inkopplad.

Lecherledningens andra ände är fastsatt på en steatitplatta och ansluten till de två fasta plattorna på moduleringskondensatorn 1CV01. Centralt mellan plattorna sitter en bussning i vilken rotoraxeln löper. Bussningen är fäst med tre skruvar.

Rotorn består av två motsatta, cylindriska delar, elektriskt förbundna med varandra, men isolerade från

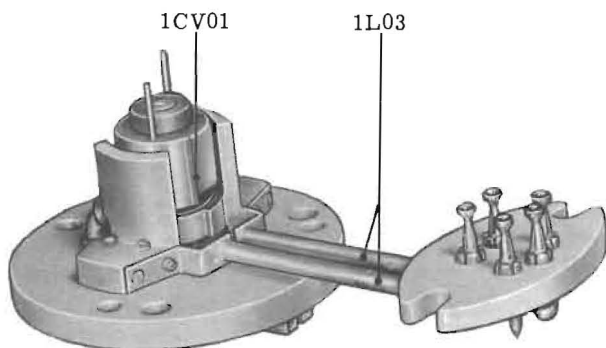


Bild 12. Moduleringskondensatorn och lecherledningen.

axeln med vävlaminat. I vävlaminaten sitter två uppstående stift, som griper in i moduleringsmotorns medbringarhjul (bild 12).

Rotoraxeln är förskjutbar i axialled med en mikroskruv. Genom att ändra rotorns läge i förhållande till de fasta plattorna, trimmas kondensatorns maxkapacitans.

Mellan rotorn och bussningen sitter en metallring med urfräsningar på periferin. Ringen är isolerad från de övriga delarna och kan vridas med en spak. Genom att vrida ringen trimmar man kondensatorns minkapacitans. Mikroskruven och spaken är åtkomliga från sändarenhetens utsida genom två hål i locket.

Över lecherledningen sitter antennkopplings slingan 1L04. Slingan är fastsatt i en vridbar plexiglasstav. Staven kan vridas sedan dess fästskruv, åtkomlig under moduleringsmotorn, lossats.

Från kopplings slingans ena ände går en koaxialledning till hylstaget 1E01, från andra änden går en anpassningsstump.

På lådans ena långsida, mitt för lecherledningen sitter en kopplingsanordning 1L05 för blandarenheten.

Anordningen består av ett böjt rör med 0,2 mm luftspalt. I röret är en kopplings slinga inlagd.

Moduleringsmotorn

Moduleringsmotorn 1M01 är en shuntmotor med centrifugalregulator (bild 13). Motorn är fastsatt på sän-

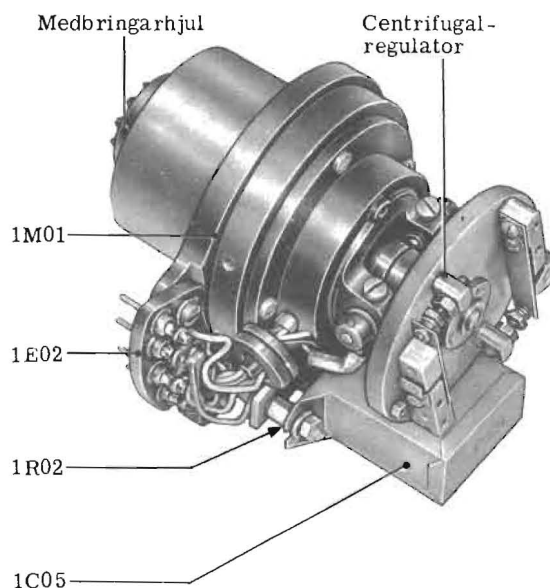


Bild 13. Moduleringsmotorn utan skyddskåpa.

darenhetens översida med två skruvar. Anslutningarna sker över ett 5-poligt anslutningsdon 1E02. Stifttaget finns på motorn och hylstaget på sändarenheten.

På motorns utgående axel sitter ett medbringarhjul med slitshål. Vid montering av motorn går de två stiften, som sitter på moduleringskondensatorns rotor, in i slitshålen.

Centrifugalregulatorn med sina tre släppringar finns under skyddskåpan. Regulatorn består av två kontaktgrupper monterade på en rund skiva, vilken är fastsatt på motoraxeln. Regulatorn kan användas för reglering vid två alternativa hastigheter, 810 r/m eller 4050 r/m. Här används 4050 r/m, varför kontaktfjädern med det största trycket begagnas. Den andra kontaktfjädern med balansvikten håller sin grupp öppen vid drift.

Kommutatorn är placerad under motorns skyddskåpa. Kondensatorn 1C05 och motståndet 1R02 tjänstgör som gnistsläckare över kontaktfjäderbryggan.

Blandarenheten

Blandarenheten är fastsatt vid frontpanelen med tre skruvar och muttrar. Enheten är uppbyggd kring tre symmetriska koaxialledningarna 2L03-2L05 (se bild 14).

I ledningarnas främre del sitter hylstaget 2E01.

Den övre av koaxialledningarna är slitsad och har en skjutbar kortslutningskolv.

På de två undre koaxialledningarnas bakre del sitter en stomme med lock. Locket är fastsatt med sex skruvar.

Stommen innehåller två kristalldioder, 2D01 och 2D02, samt fyra balanseringskondensatorer 2C03-2C06. Kristalldioderna är insatta i koaxialledningarnas förlängda innerledare. I locket finns två isolerade fjädrar, som ligger an mot kristallernas bas. Vid byte av kristall måste locket skruvas loss.

På lockets överskjutande del sitter en huv. Under huvu finns två stoppspolar, 2L01 och 2L02, samt två avkopplingskondensatorer, 2C01 och 2C02.

Balanseringskondensatorerna 2C03 och 2C06 är åtkomliga för trimning genom ett hål i sektionen. Kondensatorerna 2C04 och 2C05 kan trimmas från apparatenhetens undersida genom ett hål i LF-enhetens stomme.

Ledningen från kopplings slingan i sändaren är införd genom en bussning i stommens botten.

Ledningen från blandaren till LF-enheten går genom huvu på locket.

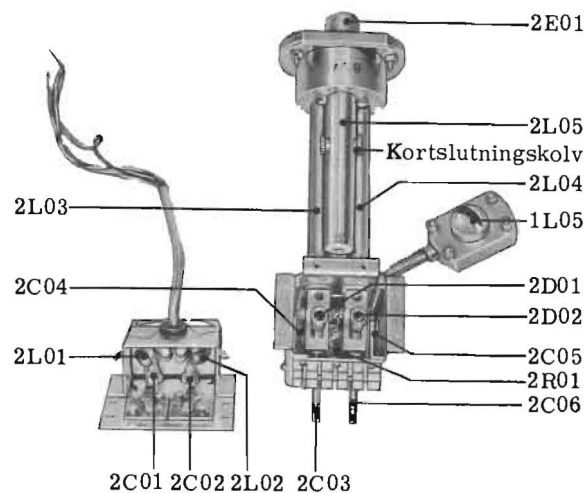


Bild 14. Blandarenheten.

LF-enheten

Lågfrequensenhetens ingångssteg utgörs av en transistorförstärkare. Denna är en separat enhet, som är uppbyggd av två plastlaminatskivor med sex tryckta kretsar, på vilka de ingående komponenterna är monterade. Skivorna står på var sin sida om en metallbottenplatta, och hela enheten är inbyggd i en skärmburk av lättmetall. Skärmburken är fastskruvad vid lågfrequensenheten med två skruvar.

Lågfrequensenhetens övriga detaljer är monterade på en stomme av glasfiberlaminat. Stommen är fastsatt på fyra vinklar, två på frontpanelen och två på sektionen. Översidan av plinten skyddas av en lättmetallplåt, som har hål för rören. På denna skyddsplåt är även höjdlägesenheten fastsatt med två skruvar. Detaljplacering och ledningsdragning återfinns i bilaga 1 och 2.

Detaljerna är huvudsakligen placerade under stommen medan ledningarna är dragna på översidan. LF-förstärkarens två första rör, 3Z01 och 3Z03, är monterade på en särskild plint, som är upphängd i spiral fjädrar, fyllda med stålull. Samtliga rör har skärmburkar.

Potentiometrarna 3P02-3P04 och vridkondensatorn 3C24 sitter på en plåtvinkel, som är fastskruvad i stommen. Vridkondensatorn och potentiometern 3P03 täcks av en skärmburka av lättmetallplåt. Potentiometrarna och vridkondensatorn är åtkomliga genom hål i nedre ramen. Potentiometern 3P05 finns i transistorförstärkaren och är åtkomlig genom ett hål i dess undersida. Samtliga potentiometrar utom 3P05 och vridkondensatorn har låsmuttrar. Potentiometern 3P05 är av trimpotentiometertyp med många vridningsvarv.

Höjdlägesenheten

Höjdlägesenheten är uppbyggd på en stomme bestående av en bottenplåt med två gavlar. Mellan gavlarnas nedre del är en plint av glasfiberlaminat infäst och mellan gavlarnas övre del en skena av lättmetall. Enheten täcks av en svartlackerad kåpa av lättmetallplåt. Kåpan fästs uppifrån på gavlarna med två snabb-lås (se bild 15).

Enheten ansluts med ett 15-poligt kontaktdon av mini-tyrtyp. Stifttaget sitter på enhetens bottenplåt och hylstaget på LF-enhetens stomme. Enheten fästs vid LF-enhetens skyddsplåt med två oförlorbara skruvar.



Bild 15. Höjdlägesenheten med avtagen kåpa.

På plinten av glasfiberlaminat är de fyra rören 4Z01-4Z04 och vridkondensatorn 4C02 samt motstånd och

kondensatorer fastsatta. Potentiometrarna 4P01-4P04 sitter på lättmetallskenan. Potentiometrarna är åtkomliga genom fyra hål i kåpan. Höjdlägesenhetens urladdningskondensator 4C04 är fastsatt på sektionsväggen bakom sändarenheten. (Denna används emellertid inte).

Detaljplaceringen framgår av bilaga 3.

Kraftenheten

Kraftenheten är placerad i apparatenhetens bakre sektion. Den är uppbyggd på en stomme av lättmetallplåt, som är fastskruvad i ramverkets nedre del. På översidan av stommen är omformare, elektrolytkondensatorer och stabilisatorrör fastsatta. Motstånd och kondensatorer är monterade på plinten under stommen. Avkopplingskondensatorerna 5C01, 5C02 och 5C06 hålls fast med byglar. Detaljplaceringen framgår av bilaga 4.

Omformaren är fastsatt på en platta av glasfiberlaminat. Plattan är fastsatt med fyra lås vid de fyra stötdämpare, som är fastskruvade i kraftenhetens stomme.

Stötdämparna utgör samtidigt genomföringar för spänningarna till och från omformaren, varför låsen är spänningsförande under drift. På plattans undersida sitter avstörningskondensatorerna 5C03 och 5C04 (bilaga 5). Omformaren kan tas bort genom att man öppnar de fyra låsen och lyfter omformaren rakt upp.

ANTENNERNA

Antennerna är av typen inbyggd slitsantenn (Boxed-in slot antenna). Sändar- och mottagarantennerna är exakt lika ur mekanisk synpunkt. Varje antenn består av en rektangulär låda med fläns. Lådan är helpressad av lättmetallplåt. Över lådans öppning sitter ett plastfönster, på vars insida två bländarflänsar av aluminiumplåt är fastnitade. För att få god stomkontakt är flänsarna även skruvade i lådans långsidor. Runt plastfönstret sitter en ram, som är fastskruvad i lådans fläns. En dränermussla i plastfönstret avleder eventuellt kondensationsvatten. Antennen skruvas fast i flygplanskalet.

Anslutningen till apparatenheten sker över ett hylstag på lådans ena långsida.

Sändarantennens hylstag är märkt med röd färg, mottagarantennens med grön.

Kopplingen till antennen sker med ett tvärgående rör

som utgör en förlängning av koaxialledningens innerledare. Röret stöds på hylstagets motstående sida av en hf-isolator. Kopplingen är avslutad med en kortsluten koaxialledning, ungefär $\lambda/2$ lång.



Bild 16. Antennerna.

I lådans botten finns ett hål för en mätsond. Hålet är täckt med en plåt märkt M eller S. Märkningen anger att antennen är klassad som mottagar- eller

sändarantenn. Klassningen är gjord med avseende på stående vågförhållandet varvid den bästa av två antenner används för mottagaren och är märkt med M.

INDIKATORN

Indikatorn består av ett vridspoleinstrument inneslutet i en metallkåpa. Indikatorns yttre dimensioner ansluter sig till stora normen.

Skalan är graderad 10-200 m och har en mekanisk nollpunkt, första strecket, och en elektrisk, 0-strecket. Mekanisk nollställning görs till första strecket. Denna nollställning sker med centrumskruven.

Anslutning av indikatorn sker över ett 3-poligt stifttag av skruvtyp.

Indikatorns inre motstånd är 1000 ohm och för fullt utslag fordras 2 mA.



Bild 17. Indikatorn.

VERKNINGSSÄTT

ALLMÄNT

Den frekvensmodulerade sändaren sänder ut en signal, vars frekvens bestäms av en lecherledning och en roterande kondensator, som är ansluten till ledningens ytterände. Kondensatorn drivs av en moduleringsmotor. Signalen tillförs en inbyggd slitsantenn, som har sin maxstrålning vinkelrätt mot slitsens och flygplanets längdaxel.

Den utsända signalen reflekteras mot underliggande terräng och tas emot med en viss tidsfördröjning av en antenn som är identiskt lik sändarantennen. Den mottagna signalen tillförs en balanserad kristallblandare, som även får en direkt signal från sändaren. Direktsignalen från sändaren har emellertid hunnit ändra sin frekvens under den tid den utsända signalen gått vägen sändarantenn - markyta - mottagarantenn. Från blandaren fås därför en skillnadsfrekvens

vars belopp ökar med ökande höjd.

Denna skillnadsfrekvensspänning tillförs en 4-steps lågfrekvensförstärkare vars förstärkning kontrolleras av en AFK-detektor med tillhörande likspänningsförstärkare. Förstärkningen ökar med ökande höjd för att kompensera den minskning i mottagen effekt som uppstår genom transmissionsdämpningens ökning. Skillnadsfrekvensspänningen triggar sedan en multivibrator, som ger en fyrkantspänning med samma frekvens. Denna fyrkantspänning effektförstärks, anpassas med en katodföljare och tillförs AFK-detektorn och frekvensräknarna.

Frekvensräknaren 3Z08 differentierar och likriktar fyrkantsvågen, varefter de negativa topparna passerar genom höjdindikatorn. Genom indikatorn drivs även en motström för kompensering av kvarstående höjdf-

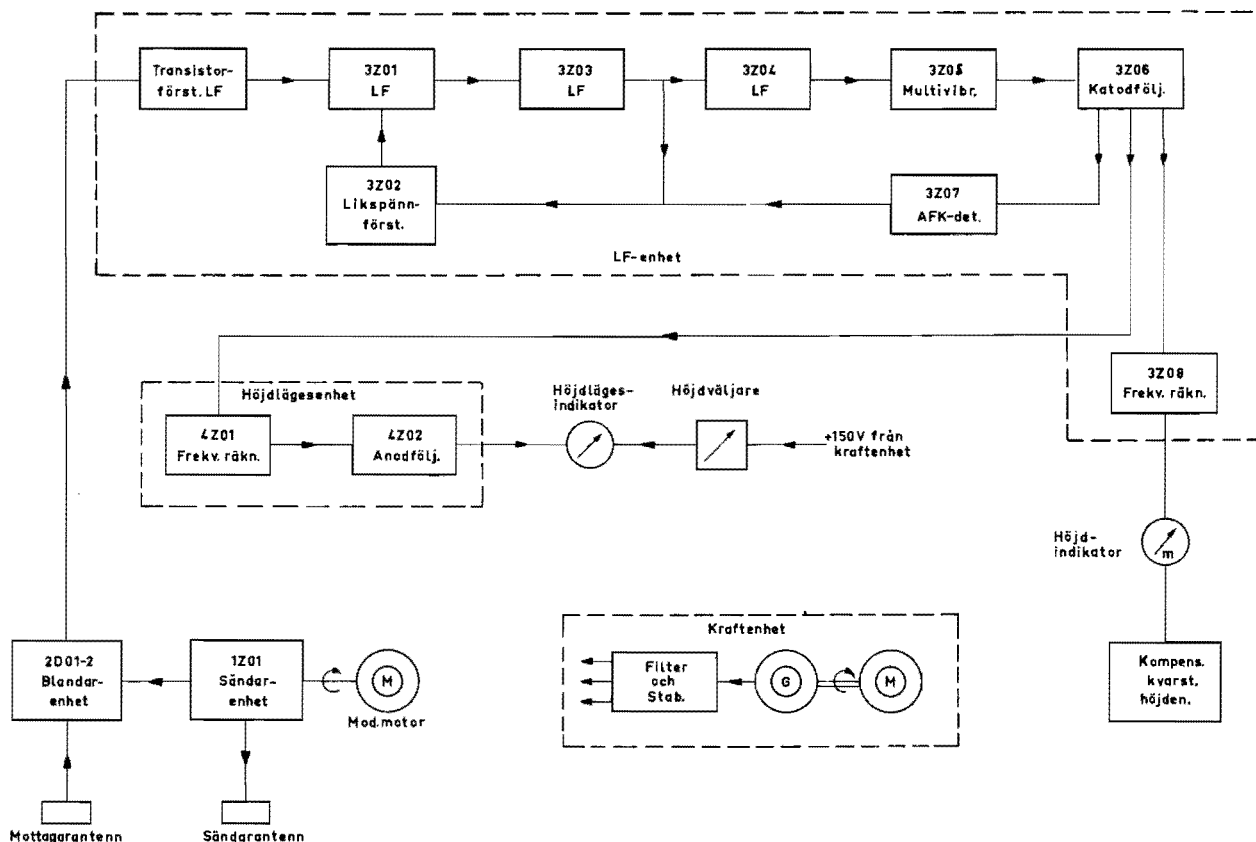


Bild 18. Blockschemat över PH-11/A.

let.

Höjdlägesenheten behandlas på sid 27.

Kraftförsörjningen sker dels från flygplanets likströmsnät, dels från stabiliseringsenheten, som ingår i ra-

darnavigeringsutrustning PN-50/A. Spänningen från flygplanets nät driver en enankaromformare, vars utspänning efter filtrering, och i vissa fall stabilisering, distribueras till de olika stegen. Moduleringsmotorn får spänning direkt från flygplanets nät.

KRAFTFÖRSÖRJNINGEN

Kraftförsörjningen av radarhöjdmätaren sker dels från flygplanets likströmsnät dels från stabiliseringsenheten (+19 V) som ingår i radarnavigeringsutrustning PN-50/A.

Höjdmätaren slås till och från med en strömställare märkt RADARHÖJDMÄTARE (alternativt LUNA), som finns i förarrummet. Spänningarna ansluts över monteringsbäddens 4-poliga stifttag 6E02 och 15-poliga hylstag 6E01 till apparatenhetens stifttag 5E01 (se bilaga 7). Moduleringsmotorn 1M01 är ansluten till plusledningen i flygplanets likströmsnät över kontakt 2 i hylstaget 5E01. Omformaren 5M01 är ansluten över kontakt 3 i samma hylstag. Kondensatorerna 5C01, 5C02 och 5C06 avkopplar eventuella störspänningar på 28 V-ledningarna.

Omformaren 5M01 lämnar vid +27 V inspänning 290 V \pm 5% utspänning. Störspänningar som uppkommer genom gnistbildning mellan omformarens kolborstar och kollektorer kortsluts delvis med kondensatorerna 5C03

och 5C04. Återstående störspänningar avkopplas i filtren.

Motstånden 5R01-5R03 och 5R05-5R08 reducerar omformarens utspänning till lämpliga värden för de olika kretsarna. Kondensatorerna på 32 μ F avkopplar störspänningar med låg frekvens medan kondensatorerna på 0,01 μ F avkopplar högfrekventa spänningar.

Regulatorröret 5Z01 lämnar +150 V konstant spänning vid en uttagen ström av 5-30 mA. Motståndet 5R04 skyddar röret mot strömrusning.

Rörens glödtrådar, med undantag av sändarrörets, är seriekopplade tre och tre samt anslutna till +19 V. Kondensatorn 5C11 utgör en lågfrekvent avkoppling mellan glödtrådarna på rören 3Z01 och 3Z02. Motståndet 5R11 minskar glödspänningen på röret 3Z04.

Sändarrörets 1Z01 glödtråd är ansluten till +19 V över motståndet 5R10 varigenom en glödspänning av 12,6 V erhålls.

SÄNDAREN

Sändarröret 1Z01 är en högfrekvenstriod. Rörets oscillator-krets består av kondensatorn 1CV01 och en lecherledning 1L03, som är inkopplad mellan anod och galler. Sändarens frekvens bestäms av lecherledningens längd, kopplingen mellan ledarna och kopplingen till stommen samt kapacitansen hos kondensatorn 1CV01.

Eftersom rotorn i kondensatorn 1CV01 roterar, kommer frekvensen att variera mellan två gränser (frekvenssvinget). Gränserna bestäms av kondensatorns min- och maxkapacitansen.

Minkapacitansen ändras genom att man vrider spaken på sändarenhetens undersida. Detta påverkar även maxkapacitansen.

Maxkapacitansen ändras genom att man förskjuter rotorn upp eller ner, vilket huvudsakligen innebär en förskjutning av frekvenssvingets undre gräns upp eller ner därför att minkapacitansen påverkas mycket

litet.

Båda trimningarna påverkar dock varandra, varför en inställning av frekvenssvinget måste ske genom växelvis trimning.

Rotorn i kondensatorn 1CV01 har två motsatta belägg, som är elektriskt förbundna med varandra. När rotorn vrids ändras frekvensen från min till max och åter till min på ett halvt varv (bild 20). Ett varv motsvarar således två hela perioder av moduleringsfrekvensen.

Moduleringsmotorn roterar 4050 r/m vilket är lika med 67,5 r/s. Moduleringsfrekvensen blir följaktligen $2 \times 67,5 = 135$ Hz.

Sändarröret arbetar i klass C och får automatiskt negativ gallerförspänning över motståndet 1R01. Anodspänningen är ansluten till lecherledningens anodside. Stoppspolen 1L06 och genomföringskondensatorerna 1C03 och 1C04 bildar ett spärrfilter för HF. Samma

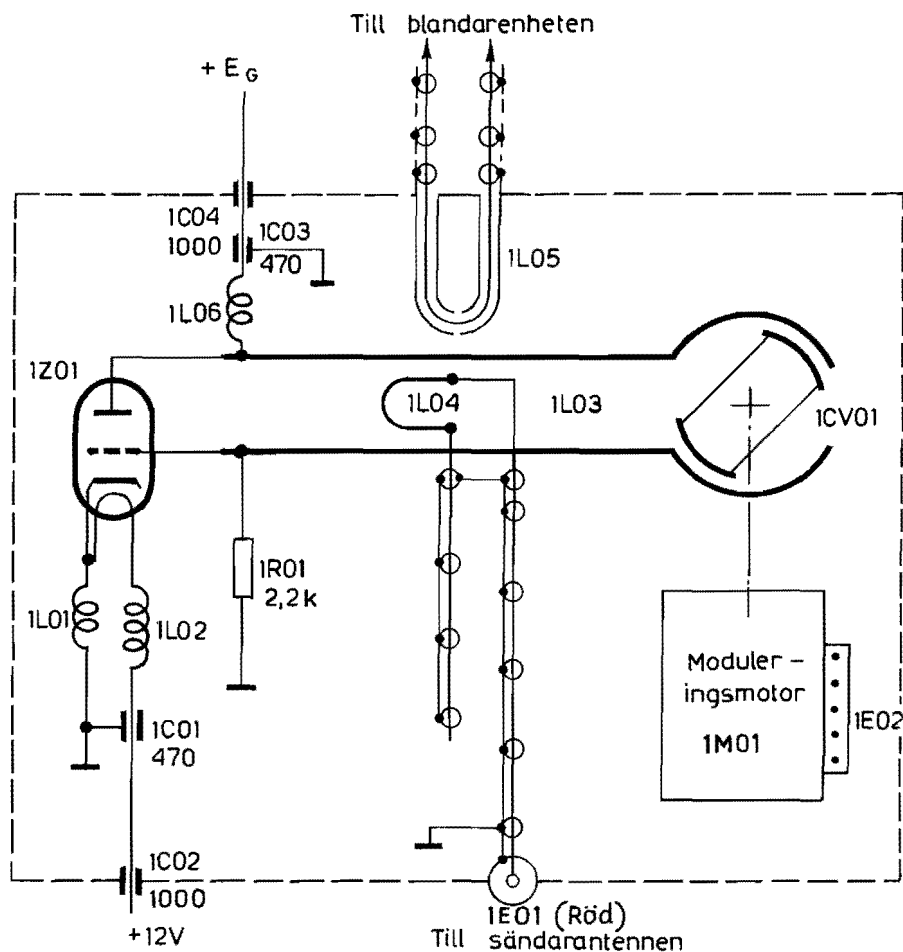


Bild 19. Sändaren.

tjänst gör stoppspolen 1L02 och kondensatorerna 1C01 och 1C02. Stoppspolen 1L01 håller katodpotentialen uppe.

Energien till sändarantennen tas ut med kopplings slingan 1L04. Genom att ändra slingans läge i förhållande till lecherledningen kan uteffekten varieras inom vissa gränser. Kopplings slingan är anpassad till anten nledningens impedans med en serieimpedans till stommen. Serieimpedansen består av en öppen koaxialledning ca $1,5 \lambda$ lång.

Den skärmade kopplings slingan 1L05 har en 0,2 mm spalt. Genom spalten fångar slingan upp en liten del av sändarenergien. Denna kopplas till blandarenheten där den blandas med den från marken reflekterade vågen.

På anodspänningen finns en triangelformad spänning överlagrad, som har värdet 6-7 V (topp till topp). Denna spänningens frekvens överensstämmer med moduleringsfrekvensen, varför den kan användas för synkronisering av en oscillograf. Spänningen är framdragen till stifttaget 5E01:1.

Amplitudmodulering (AM) uppkommer genom reflektion från sändarantennen. Antennen och dess kabel

kan endast anpassas för en frekvens, vanligensändarens medelfrekvens. Vid övriga frekvenser inom svinget uppstår reflektion mot sändaren. Reflektionen kommer att öka eller minska HF-amplituden (=amplitudmodulering) beroende på fasläget i varje ögonblick. Den direkta signalen till blandaren innehåller, förutom FM-komponenten, en AM-komponent. Denna utbalanseras till mindre än 7% i transformatorns 3T02 primärlindningar.

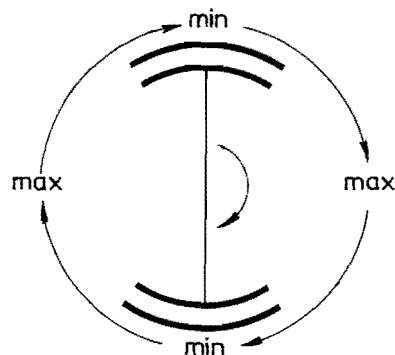


Bild 20. Frekvensens variation med rotorvridningen.

MODULERINGSMOTORN

Den shuntkopplade motorn kan anslutas till 22-29 V med en hastighetsvariation av högst $\pm 1\%$ vid 4050 r/m. Detta motsvarar en variation av moduleringsfrekvensen med ca $\pm 1,5$ Hz.

Schemat i bild 21 visar endast funktionen vid 4050 r/m. Motorn får vid tillslag full spänning över såväl stator som rotor eftersom motståndet 5R09 är kortsluttet av kontaktgruppen i centrifugalregulatorn. När hastigheten ökar över 4050 r/m öppnar kontaktgruppen och kopplar in motståndet i serie med rotorn varvid strömmen minskar och varvtalet sjunker. Kontaktgruppen sluts, varvtalet ökar åter och förloppet upprepas. Resultatet blir att varvtalet hålls konstant vid 4050 r/m.

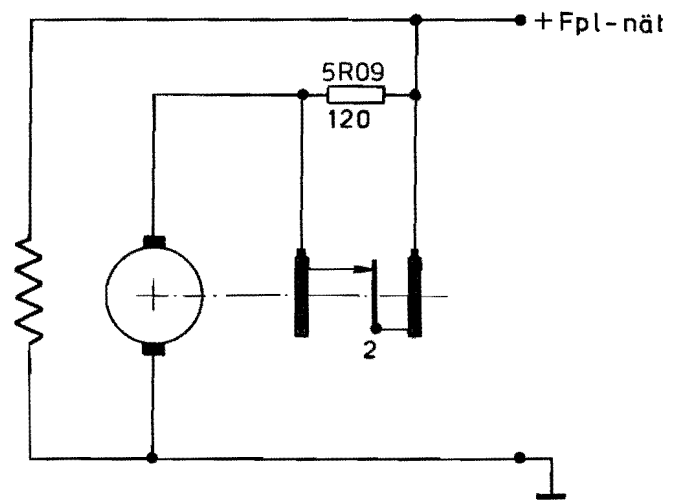


Bild 21. Moduleringsmotorn.

ANTENNERNA

Sändar- och mottagarantennerna är identiskt lika och av typen inbyggd slitsantenn.

Antennen i bild 22a består av två resonanta $\lambda/4$ -stumpar anslutna till en transmissionsledning.

Avståndet mellan de långa ledarna i stumparna är många gånger mindre än λ och strömmarna är motriktade, varför fälten tar ut varandra. I de tvärgående ledarna är strömmarna däremot i fas, men längden är för liten för att någon effektiv strålning skall äga rum.

Antennen i bild 22b består av en plan plåt med en $\lambda/2$ lång slits med samma bredd som antennen i bild 22a. I denna antenn är strömmen inte koncentrerad till slitskanten, utan fördelad över plåtytan varigenom en god strålning ernås. Strålningen är lika från båda sidor och vertikalt polariserad om slitsen är horisontell som på bild 22b.

Om plåten är stor, t e ett flygplansskal, och en låda $\lambda/8$ djup och $\lambda/2$ lång, placeras innanför slitsen (bild 23a), sker strålningen endast från utsidan. Strålningen är störst i alla riktningar vinkelrätt mot slitsens längd (bild 23b).

Antennerna till PH-11/A (bild 16) har flänsar som bildar två slitsar, vardera ca $\lambda/8$ långa, men dessa är elektriskt förlängda med de kapacitanser som bildas av flänsarnas nedvikta delar. Härigenom blir

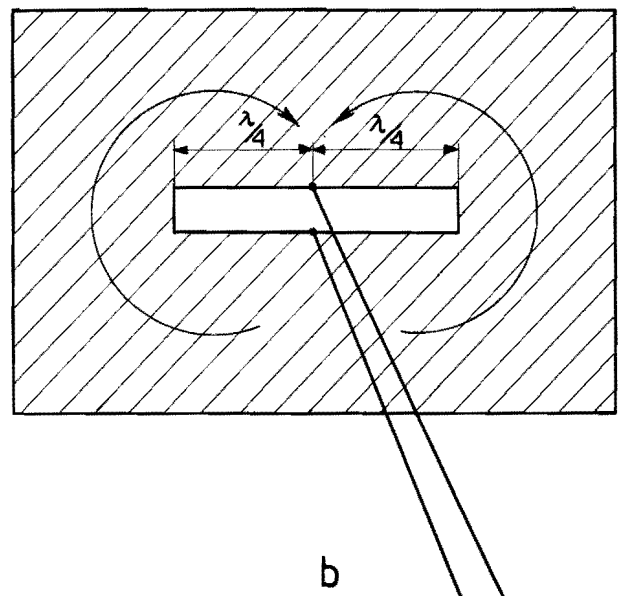
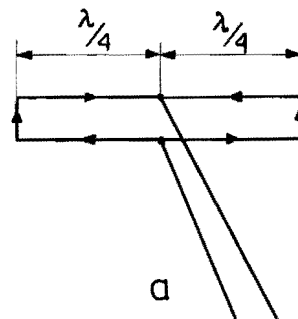
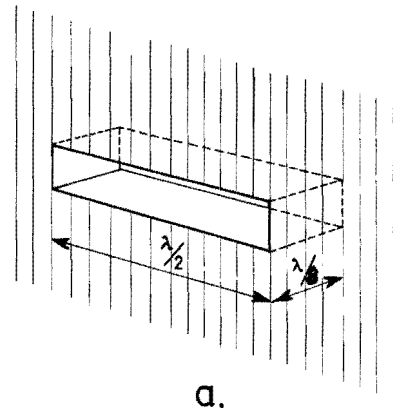


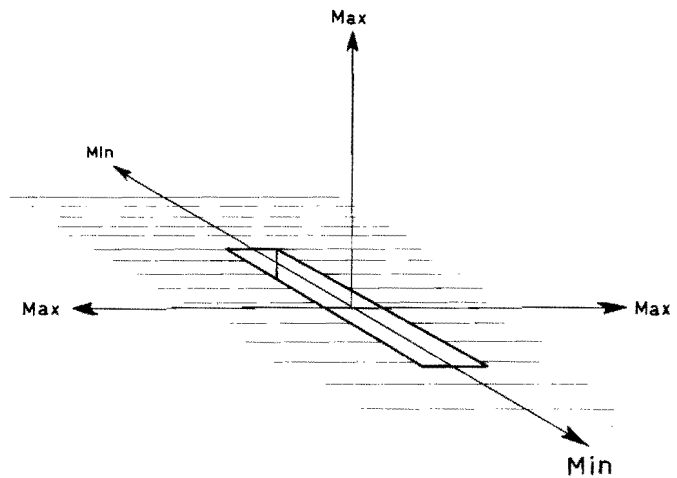
Bild 22. Slitsantenn.

den elektriska längden ca $\lambda/4$ för varje slits och således $\lambda/2$ tillsammans. Lådans djup är mindre än $\lambda/8$, men även detta ökas av flänsarnas kapacitet.

Matningen sker kapacitivt med en tvärgående ledare i lådans mitt som är en förlängning av koaxialledningens mittledare. För att anslutningsimpedansen till antennen skall bli resistiv och lika med kabelns (Z_0) är matningsledaren seriekopplad med en ca $\lambda/2$ lång, kortsluten stump. Denna anpassning svarar dock endast mot sändarens medelfrekvens varför reflektion uppstår vid övriga frekvenser inom svinget.



a.



b.

Bild 23. Inbyggd slitsantenn.

BLANDAREN

Den reflekterade signalen kopplas till blandaren över ingångskretsen 2L03-2L05. Kretsen stäms av till sändarens medelfrekvens med den förskjutbara kortslutningskolven i koaxialledningen 2L05 (bild 25). Fasen på den reflekterade signalen är lika i de båda koaxialledningarna 2L03 och 2L04 (bild 24c).

Den direkta signalen kopplas över motståndet 2R01 och balanseringskondensatorerna 2C04 och 2C05 till kristalldioderna 2D01 och 2D02. Signalen är 180° fasförskjutet på de båda dioderna (bild 24a och b). Med kondensatorerna balanseras signalerna så att amplituderna blir lika stora på båda dioderna.

När de två signalerna med skilda frekvenser tillförs de olinjära dioderna sker en blandning och man erhåller dels en summa- och dels en skillnadsfrekvensspänning.

Summafrekvensspänningen och signalfrekvensspänning-

arna avkopplas till stommen med de filter som bildas av diodernas avkopplingar; spolarna 2L01 och 2L02 samt genomföringskondensatorerna 2C01 och 2C02.

Skillnadsfrekvensspänningen kan däremot passera filtren och tillförs transistorförstärkarens ingångstransformator.

Primärlindningarna är varandra motriktade. Härigenom tar de amplitudmodulerade komponenter som ingår i skillnadsfrekvensspänningen ut varandra eftersom AM-komponenterna härrör från sändaren och signalen från denna tillförs blandaren symmetriskt. FM-komponenterna, som är i motfas, kommer däremot att samverka i lindningarna.

Med potentiometern 3P05 utbalanseras eventuella olikheter i kristallströmmarna.

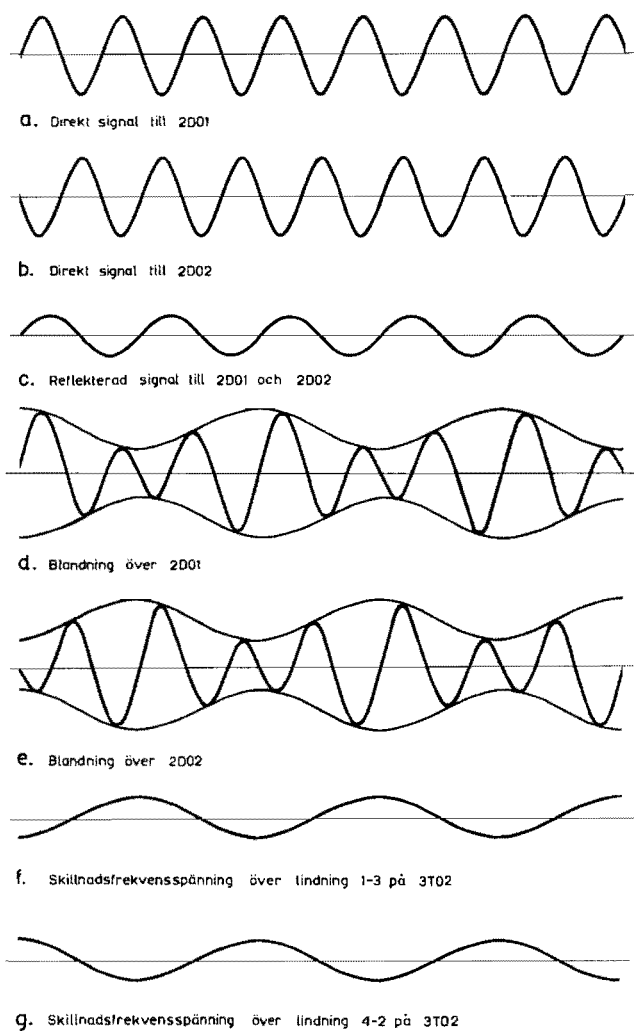


Bild 24. Blandningens princip.

LF-FÖRSTÄRKAREN

LF-förstärkaren består av fyra steg, transistoren 3Z09 samt rören 3Z01, 3Z03 och 3Z04 med tillhörande detaljer (bild 26).

Skillnadsfrekvensspänningen från blandaren kopplas över transformatorn 3T02 i transistorsteget in på transistoren och vidare över kondensatorn 3C11 till gallret på andra stegets rör 3Z01.

Transistorsteget är kopplat i gemensam baskoppling och har genom ingående frekvenskorrigeringselement givits en sådan frekvenskaraktistik, att förstärkningen ökar med ökande frekvens.

Andra steget är strömmotkopplat genom att katodmotstånden 3R03 och 3P02 är oavkopplade och gemensamma för röret 3Z01 och likspänningsförstärkaren 3Z02. Funktionen av denna behandlas under rubriken "Förstärkningskontrollen".

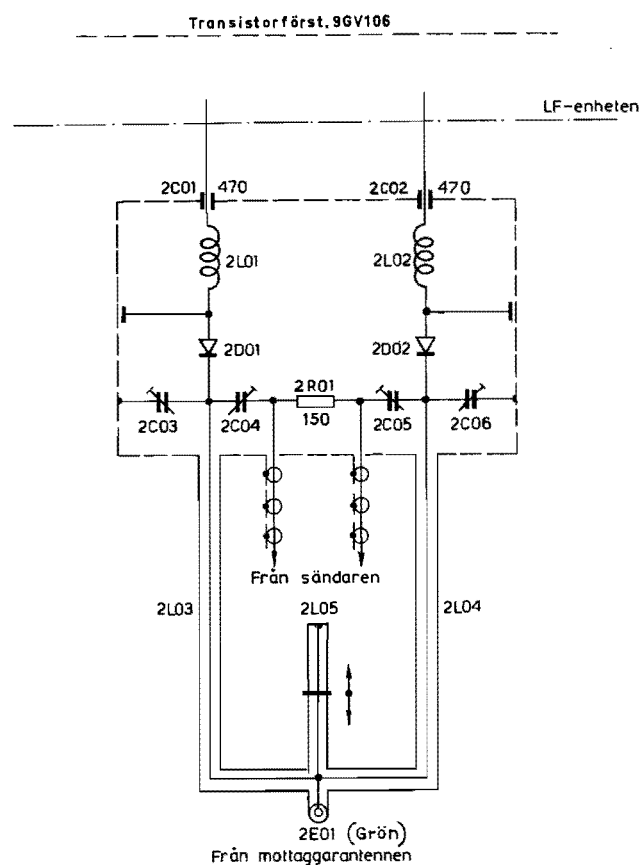


Bild 25. Blandaren.

Kondensatorn 3C02 avkopplar eventuella HF-spänningar till stommen. Den förstärkta skillnadsfrekvensspänningen tas ut över anodbelastningsmotståndet 3R04, leds över kondensatorn 3C03 till nästa LF-steg 3Z03.

Detta steg är spänningsmotkopplat med motståndet 3R06 och kondensatorn 3C21. Motkopplingen är frekvensberoende och minskar stegets förstärkning ca 20 dB från 20 kHz till 100 kHz. En ytterligare motkoppling åstadkoms genom att röret saknar skärmgalleravkoppling (jämför 3Z04).

I detta steg sker en ytterligare förstärkning och den spänning som erhålls över anodbelastningsmotståndet 3R09 kopplas över kondensatorn 3C06 dels till nästa steg, dels till gallret på likspänningsförstärkarens rör 3Z02.

Fjärde LF-steget, med röret 3Z04, är en konventionell

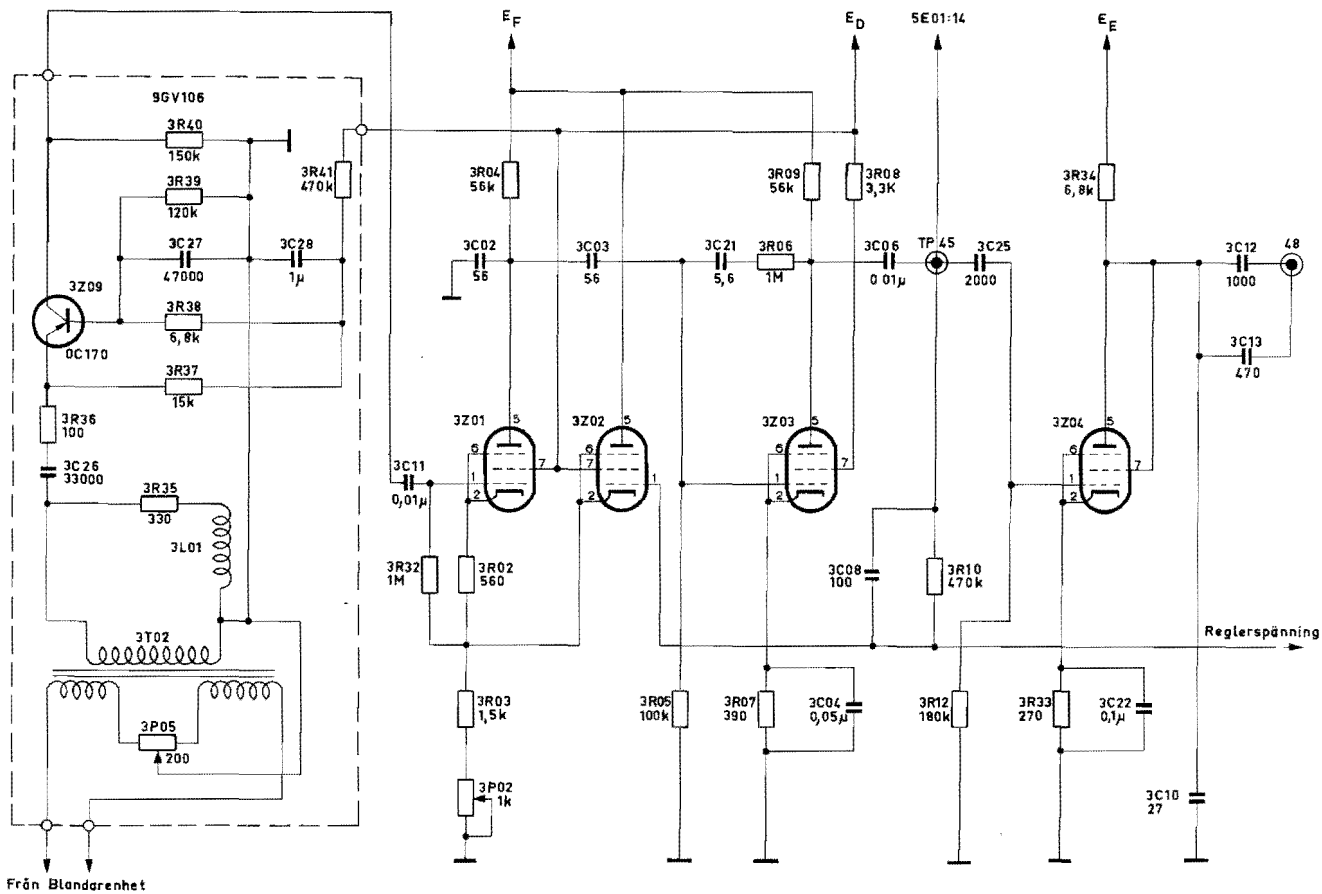


Bild 26. LF-förstärkaren.

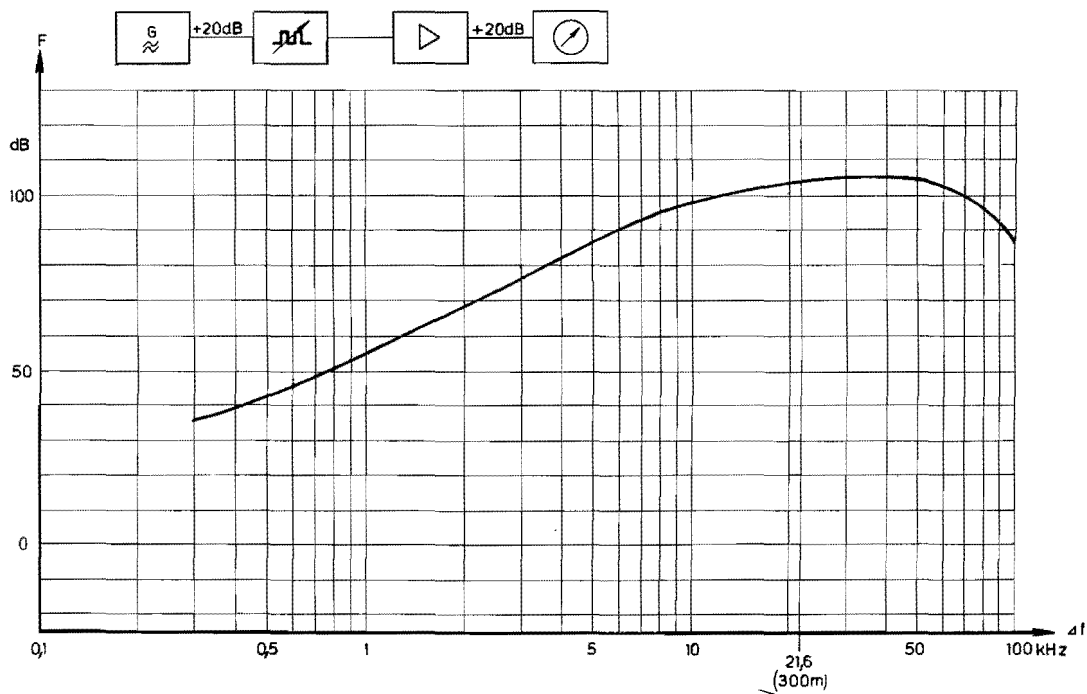


Bild 27. LF-förstärkarens karakteristik.

nell RC-koppling med undantag av kondensatorn 3C10. Kondensatorn korrigerar LF-förstärkarens karakteristik vid frekvenser över 40 kHz.

Skillnadsfrekvensspänningen från fjärde steget kopplas till multivibratorröret 3Z05 över de parallellkopplade kondensatorerna 3C12 och 3C13.

För att få en jämn förstärkning av alla frekvenser inom höjdmätarens arbetsområde har karakteristiken utformats så att spänningar med låga frekvenser får en liten förstärkning, medan spänningar med höga frekvenser får en stor förstärkning (se bild 27). Orsaken är att transmissionsdämpningen vid låga höjder är liten, vilket ger en relativt hög skillnadsfrekvensspänning och vice versa.

Karakteristiken åstadkoms genom den automatiska förstärkningskontrollen, jämte tidigare nämnda frekvensberoende motkopplingar.

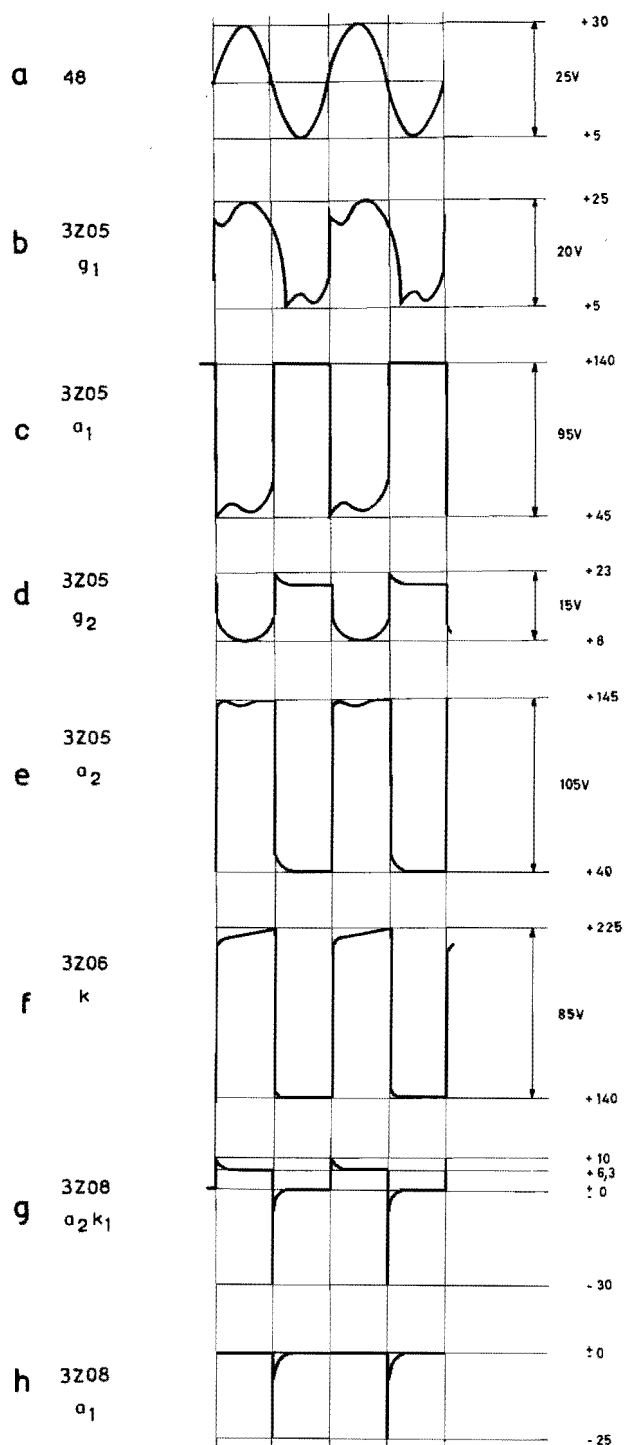


Bild 28. Kurvformer i LF-enheten (upptagna med Tektronix 531 med separat mätkropp, 10 Mohm ingångsmotstånd).

MULTIVIBRATORN

Multivibratoren utgörs av dubbeltrioden 3Z05 med tillhörande detaljer (bild 29).

Motstånden 3R19 och 3R17 samt potentiometern 3P03 bildar en spänningsdelarkedja mellan +150 V och stommen. Spänningen som erhålls över 3R17 och 3P03 utgör en fast gallerförspänning till första trio-

den, 3Z05a. Potentiometern 3P03 kan ställas in så att första trioden leder eller är strypt (lägsta resistans).

Förhållandet i andra trioden, 3Z05b blir då omvänt eftersom gallret är anslutet till första triodens anod och båda trioderna arbetar över samma katodmotstånd,

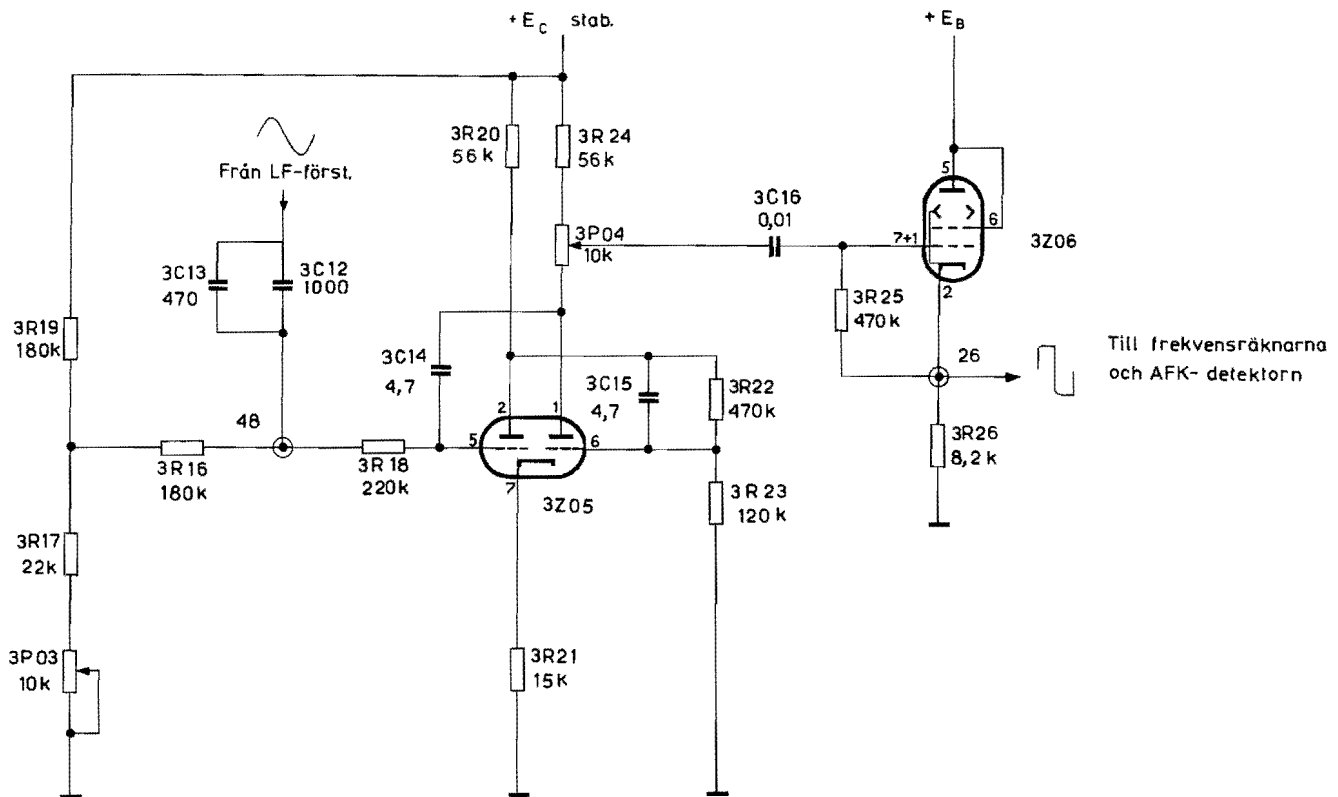


Bild 29. Multivibratören och katodföljaren.

3R21.

Normalt är potentiometern 3P03 inställd så att första triodens arbetspunkt ligger på stryppgränsen när ingen skillnadsfrekvensspänning finns på gallret. Andra trioden är då helt strypt (enstaka brustoppar går dock igenom).

När en skillnadsfrekvensspänning (bild 28a) från LF-förstärkaren tillförs första gallret, flyttas triodens arbetspunkt i negativ riktning. Detta sker genom att gallerström uppträder under den del av den positiva halvperioden som når över 0 V. Gallerströmmen flyter genom motståndet 3R17 och potentiometern 3P03 och bildar i dessa en motriktad förspänning.

Över motståndet 3R18 uppstår likaledes en motriktad spänning som begränsar och distorderar skillnadsfrekvensspänningen på gallret (bild 28b).

Arbetspunkten på andra trioden flyttas i positiv riktning och intar ungefär samma läge som första triodens.

När skillnadsfrekvensspänningen på första trioden (bild 28b) når över stryppgränsen leder trioden. Den del som når över stryppgränsen förstärks och fasvänds.

Spänningen över anodbelastningsmotståndet 3R20 (bild 28c) delas över motstånderna 3R22 och 3R23 i förhållandet 1:6 (bild 28d) och får styra andra trioden. Kondensatorn 3C15 förbikopplar de högfrekventa komponenter som ingår i vågformens branta kanter. Spänningen förstärks och fasvänds på samma sätt som i första trioden. Över motståndet 3R24 och potentiometern 3P04 fås en fyrkantspänning (bild 28e). En del av fyrkantspänningen tas ut från potentiometerns mittarm och leds över kondensatorn 3C16 till katodföljaren 3Z06.

Katodföljaren 3Z06 effektförstärker fyrkantvågen från multivibratören. Genom katodföljarens låga utimpedans ernås en god anpassning till efterföljande AFK-detektor och frekvensräknare. Fyrkantspänningen till dessa tas ut över katodmotståndet 3R26 (bild 28f).

FÖRSTÄRKNINGSKONTROLLEN

AFK-kretsen innehåller en detektor med tillhörande filter och en likspänningsförstärkare som arbetar över

samma katodmotstånd som första LF-steget. AFK-detektorn består av halva dubbeldioden 3Z07,

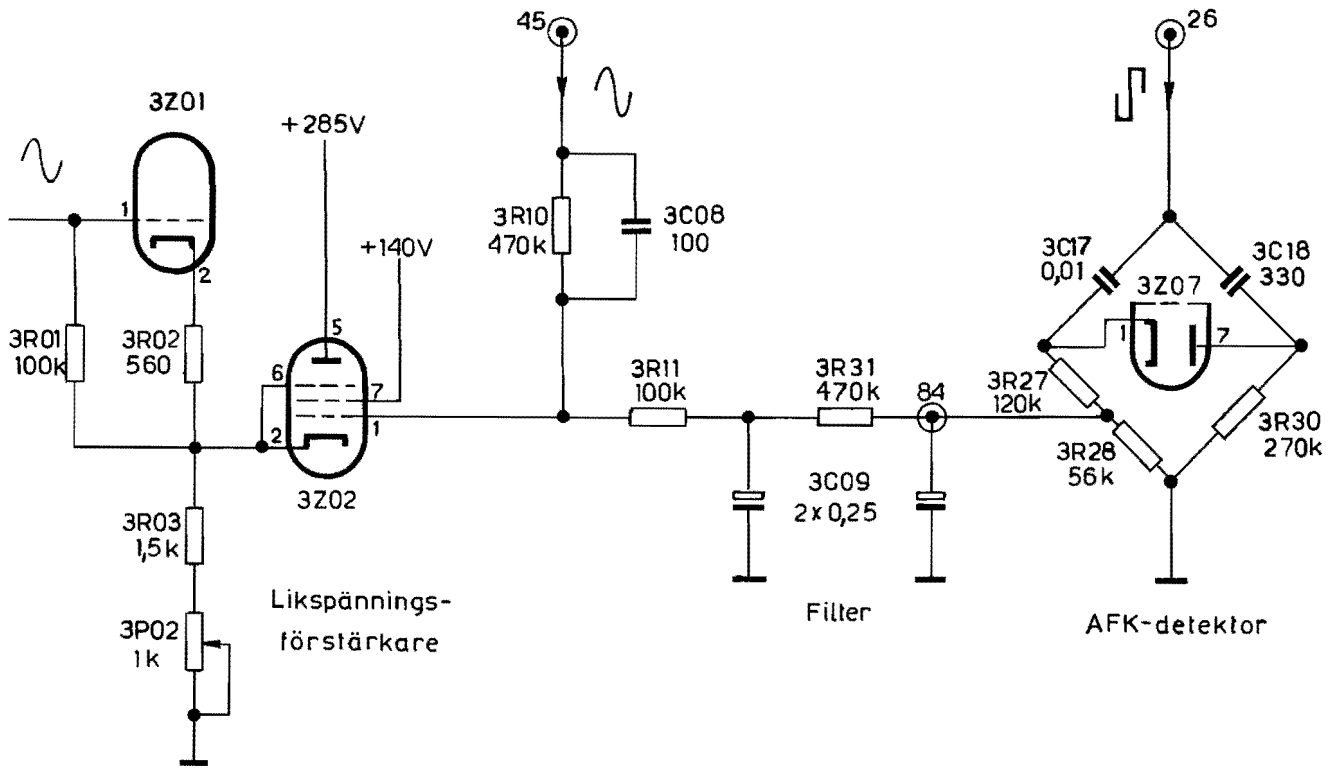


Bild 30. AFK-kretsen.

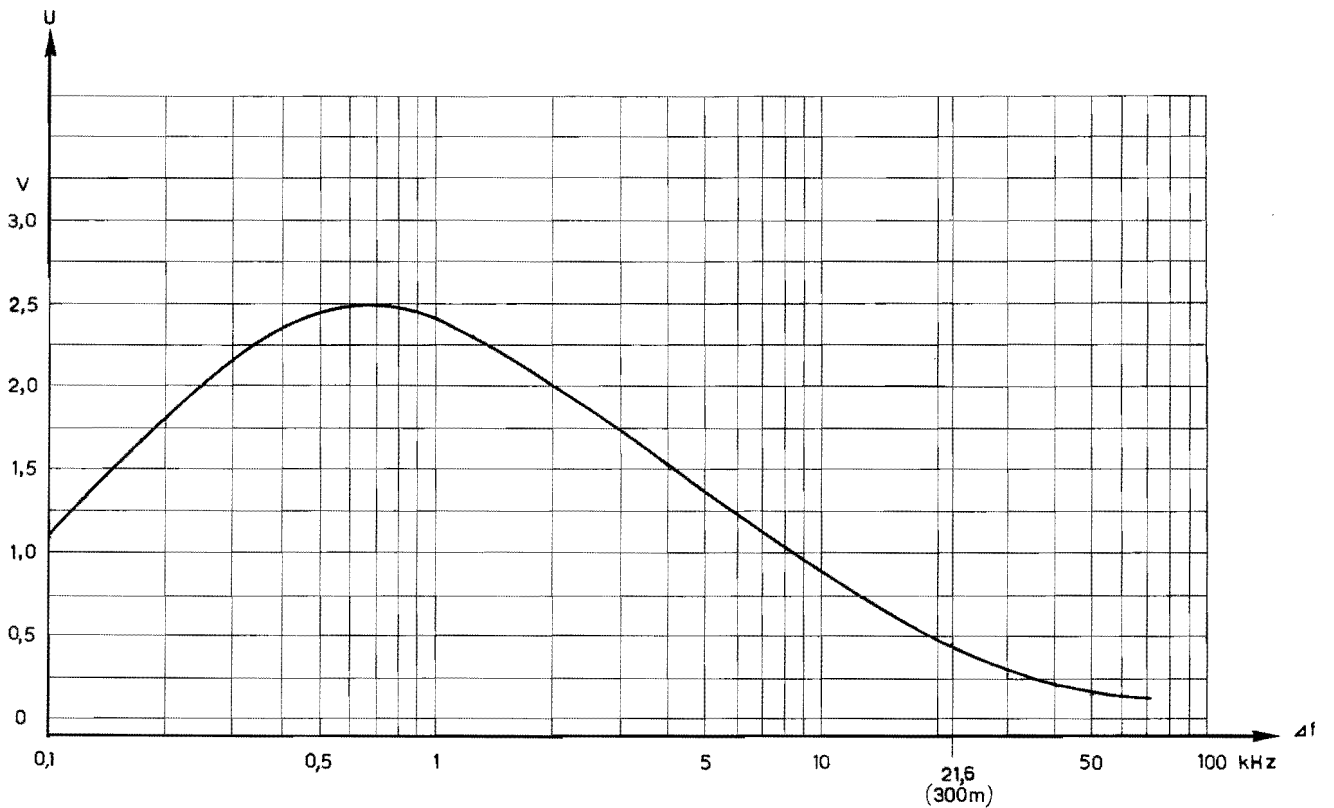


Bild 31. AFK-detektorns karakteristik.

kondensatorerna 3C17 och 3C18 samt motstånden 3R27, 3R28 och 3R30 (bild 30).

Detektorn lämnar en positiv likspänning över motståndet 3R28 som minskar med ökad skillnadsfrekvens

(bild 31). Likspänningen filtreras över motståndet 3R31 och kondensatorn 3C09 varefter den tillförs gallret på likspänningsförstärkaren 3Z02 över motståndet 3R11.

En ändring av likspänningen på gallret förorsakar en ändring av strömmen genom röret vilket resulterar i ändring av spänningen över motståndet 3R03 och reostaten 3P02.

Eftersom motståndet och reostaten även ingår i första LF-stegets katodmotstånd innebär detta en ändring av förstärkningen i steget och därmed i hela LF-förstärkaren som framgår av bild 27.

Stör- och multipelfrekvensspänningar motkopplas genom motståndet 3R10 och kondensatorn 3C08 samt likspänningsförstärkaren.

FREKVENSRÄKNAREN

Frekvensräknaren differentierar och likriktar fyrkantvågen från multivibratorn, samt mäter resultatet.

Räknaren består av de tre parallellkopplade kondensatorerna 3C19, 3C20 och 3C24, dubbeldioden 3Z08, höjdindikatorn och motståndet 6R05 (bild 32). Den positiva delen av fyrkantvågen differentieras med de parallellkopplade kondensatorerna 3C19, 3C20 och 3C24 och inre motståndet i diodhalvan 2-5. Katoden

är förspänd med +6,3 V, varför samtidigt en begränsning till positiv nivå erhålls (bild 28g).

Den negativa delen av fyrkantvågen differentieras med kondensatorerna och diodhalvan 1-7, inre motståndet i höjdindikatorn och motståndet 6R05 (bild 28h).

De negativa och differentierade pulserna (bild 28h) åstadkommer en medelström genom höjdindikatorn. Medelströmmen är proportionell mot pulsfrekvensen,

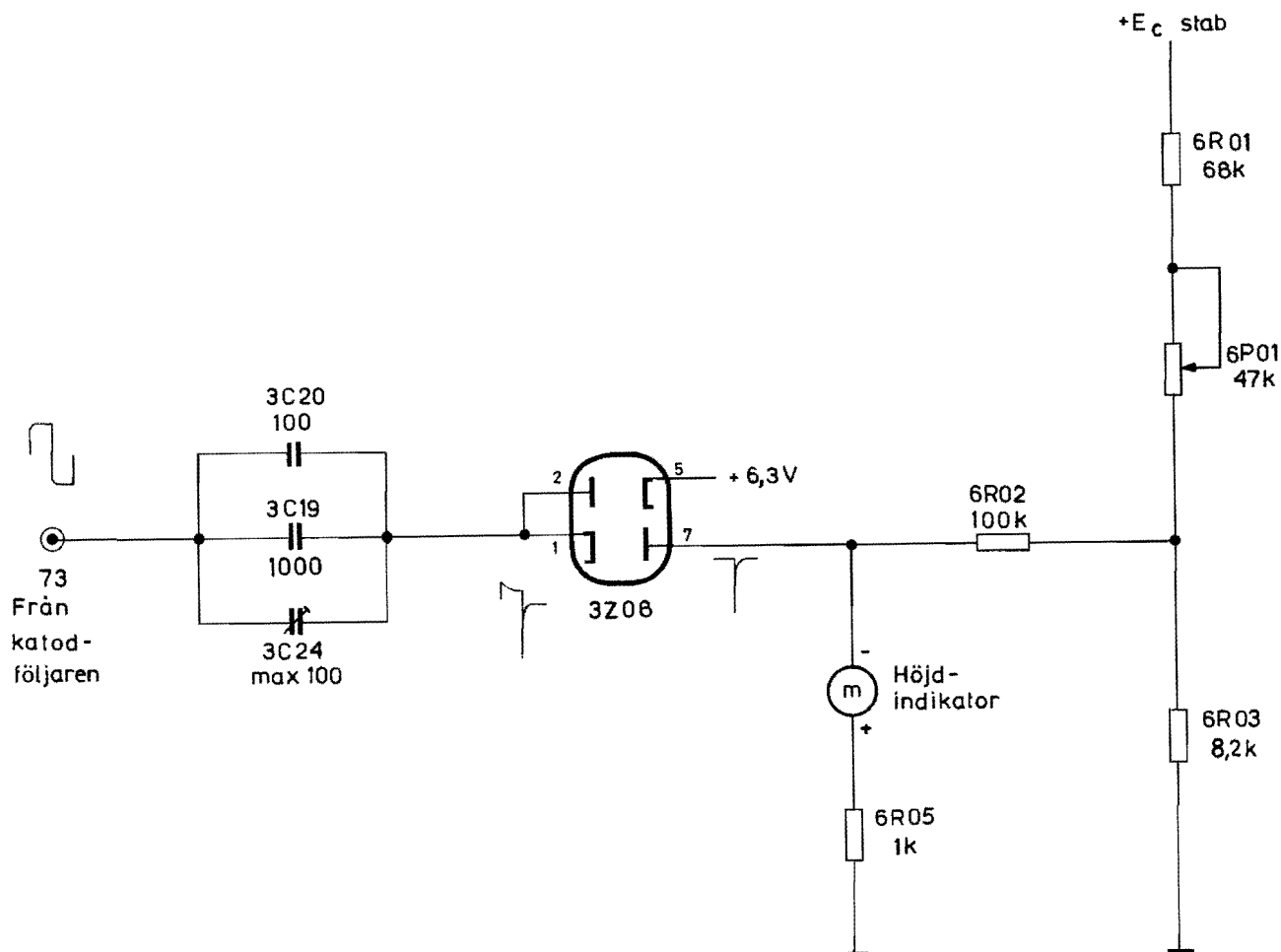


Bild 32. Frekvensräknaren med kompenseringskretsen.

som i sin tur är proportionell mot höjden. En mindre ändring av differentieringen, och därmed medelströmmen, kan göras för radarhöjdmätarens kalibrering genom att ändra kapacitansen i den variabla kondensatorn 3C24.

Det kvarstående höjdfelet kompenseras på följande sätt. Motstånden 6R01 och 6R03 samt reostaten 6P01 bildar en spänningsdelarkedja mellan +150 V och stom-

men. Spänningen över motståndet 6R03 åstadkommer en ström genom indikatorn, som är motriktad medelströmmen. Denna motriktade ström kompenserar den del av medelströmmen som uppstår genom kvarstående höjdfelet. Motströmmen ställs in med reostaten 6P01. Genom förspänningen på dioden 5-2, som är seriekopplad med dioden 1-7, åstadkoms en hög impedans mot den positiva kompenseringsströmmen.

HÖJDHÅLLNINGSSINDIKERINGEN

Allmänt

Höjdhållningsindikeringen grundar sig på jämförelse mellan den höjdberoende spänningen från en räknare i radarhöjdmätaren och en stabiliserad, inställbar referensspänning.

Som framgår av bild 33 består höjdlägesindikatorkretsarna av frekvensräknaren, anodföljaren, höjdlägesindikatorn samt anordning för inställning av referensspänningen.

Frekvensräknaren 4Z01 är av samma typ som LF-enhetens, och lämnar en utspänning, som i varje ögonblick är proportionell mot höjden. Utspanningen förstärks i anodföljaren 4Z02 och påförs ena anslutningen till ett spaltinstrument, vars andra anslutning matas från en varierbar spänningsdelare.

Denna spänningsdelare är uppbyggd av en serie motstånd anslutna till en 11-vägsomkopplare så att elva valbara spänningar, var och en motsvarande en viss höjd, kan anslutas till indikatorn.

Spänningsdelaren matas från den stabiliserade spänningen +150 V i PH-11 (rör 5Z01).

Om en viss önskad flyghöjd ställts in på väljaromkopplaren (dvs spänningsdelaren) och flygplanet befin-

ner sig på denna höjd, så är referensspänningen lika stor som utspänningen från 4Z02. Ingen ström flyter genom indikatorn.

Minskas flygplanets höjd, minskar spänningen på anoden av 4Z02 och en ström, direkt proportionell mot höjändringen flyter genom instrumentet. Visaren ger indikering om höjdminskningen.

Ökas flyghöjden äger motsvarande förlopp rum, men visaren påverkas givetvis i motsatt riktning.

Själva instrumentet är ett stående spaltinstrument, som är fastsatt ovanpå instrumentbrädan i flygförarens blickfång. Instrumentet är graderat +5 m 0 m -5 m.

Höjdlägeskretsarna

Höjdlägeskretsarna består av frekvensräknaren 4Z01, anodföljaren 4Z02, höjdlägesindikatorn (tillhör ej PH-11/A) och höjdväljaromkopplaren (tillhör ej PH-11/A).

Rören 4Z03 och 4Z04 används endast som glödströmsmotstånd och kommer eventuellt att bytas ut mot ett seriemotstånd.

Frekvensräknaren är av samma typ som LF-förstär-

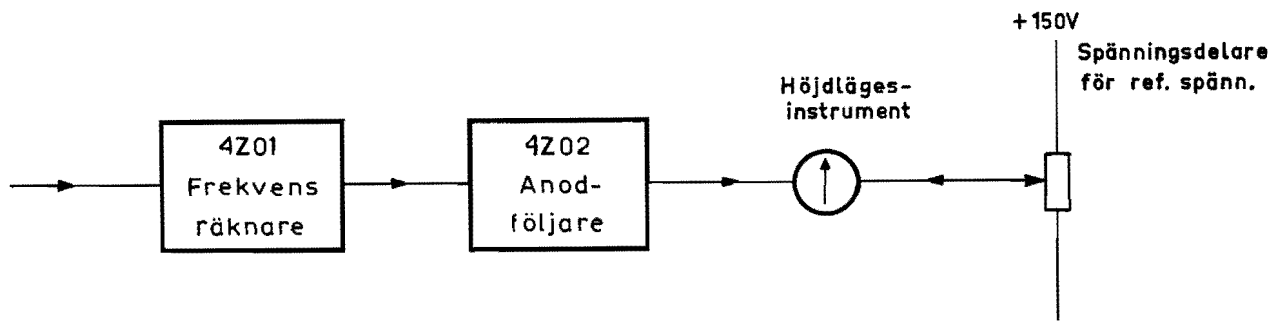


Bild 33. Höjdlägesindikeringens princip.

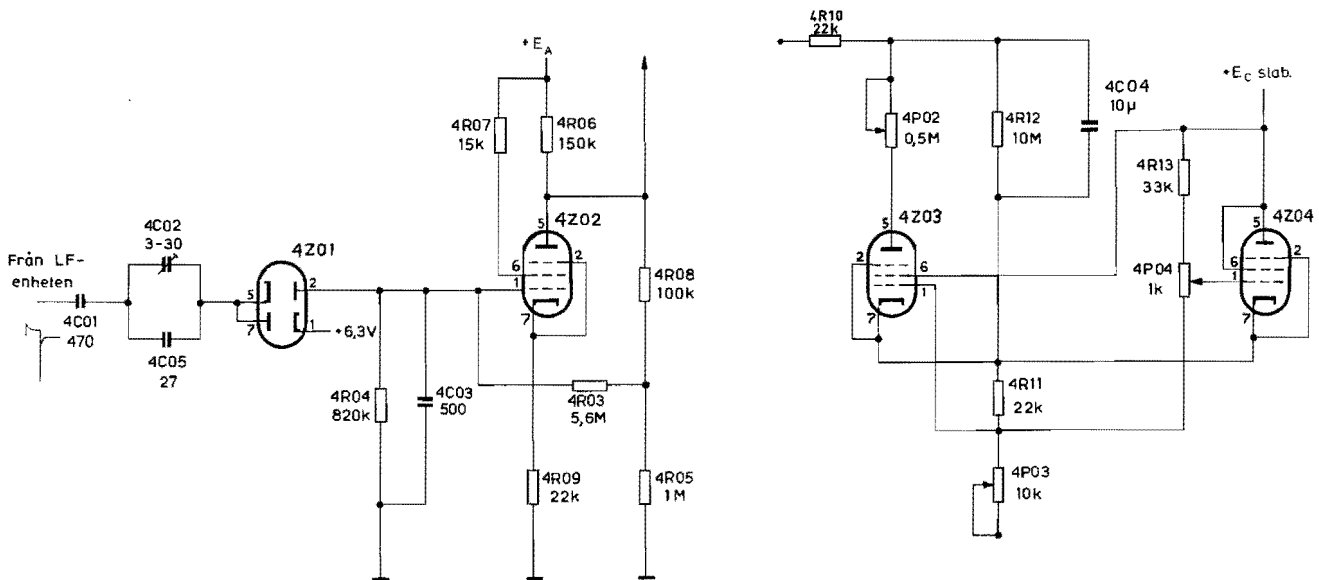


Bild 34. Höjdlägesindikeringskretsarna.

karens, men lämnar här en utspänning över motståndet 4R04 och den parallellkopplade kondensatorn 4C03. Utspänningen ökar i negativ riktning med ökande höjd.

Anodföljaren 4Z02 är en likspänningsförstärkare med stor viloström och till följd därav låg vil oanodspänning. Viloströmmen åstadkoms med spänningsdelaren 4R08 och 4R05 som lämnar en spänning till styrgallerret på 4Z02 över motståndet 4R03.

Vid ökande höjd lämnar frekvensräknaren en ökande negativ utspänning. Denna spänning orsakar en minskning av strömmen genom röret, och anodspänningen ökar.

Höjdväljarenheten består av tio seriekopplade motstånd och i vardera änden på denna motståndskedja en trimpotentiometer. Trimpotentiometrarna används vid intrimning av lägsta och högsta inställbara indikeringshöjd. Kopplingspunkterna mellan motstånden är förbundna med var sitt läge på omkopplaren, från vilken den referensspänning, som motsvarar inställd (önskad) flyghöjd tillförs indikatorn där den jämförs med räknarspänningen från anodföljaren, som svarar mot den verkliga flyghöjden.

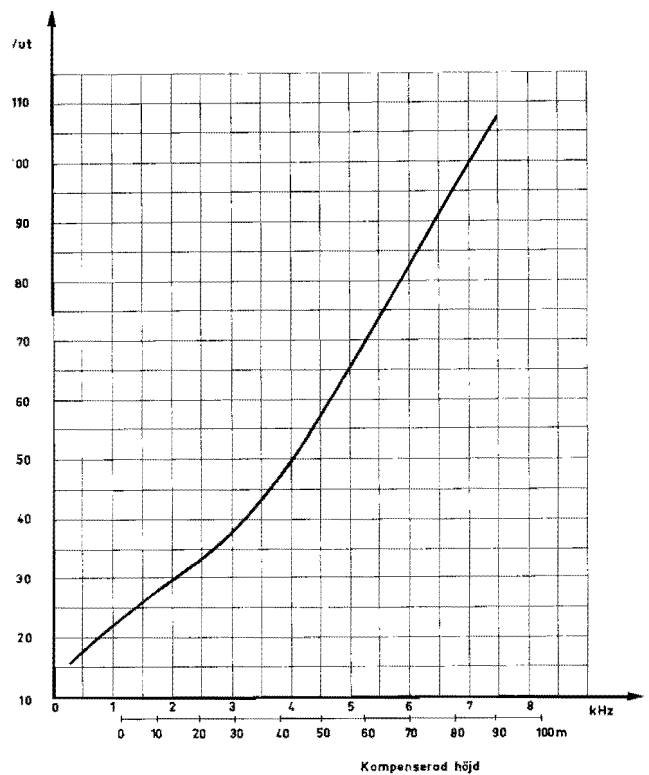


Bild 35. Höjdlägesenhet, utspänning.