



R.T. Praktische Meettechniek

P.M.

Nadruk verboden 1

Inleiding.

a. Keuze der instrumenten, nauwkeurigheid.

Bij de nauwkeurigheid van de meting speelt de keuze van het juiste bereik der meetinstrumenten een belangrijke rol. Indien op een te hoog bereik wordt afgelezen is de meting niet nauwkeurig, terwijl beschadiging van het instrument het gevolg kan zijn indien een te laag bereik wordt gekozen.

Het is daarom noodzakelijk om ieder instrument op het hoogste bereik in te stellen voordat een meetopstelling wordt aangesloten.

De nauwkeurigheid van het instrument wordt altijd opgegeven in procenten van de volle schaaluitslag, bijv.: als de opgegeven nauwkeurigheid van een voltmeter met een meetbereik van 0 – 150 volt, 1% bedraagt, is de fout in de aanwijzing van de meter op ieder punt van de schaal hoogstens $\pm 1,5$ volt.

Het is eveneens belangrijk voor een bepaalde meting het juiste instrument te kiezen. Indien bijvoorbeeld een voltmeter met lage inwendige weerstand gebruikt wordt voor metingen aan een hoogohmige schakeling zal de stroom door de schakeling beïnvloed worden door de meter en aldus een foutieve aflezing veroorzaken. Ook zal een aanzienlijke fout het resultaat zijn als de meter gebruikt wordt bij een frequentie waarvoor hij niet geschikt is.

b. Bescherming van instrumenten.

Veel instrumenten die in het laboratorium worden gebruikt zijn zeer gevoelig en moeten voorzichtig worden behandeld en beschermd tegen schokken of stoten. Er moet veel aandacht aan de opstelling van de meetschakeling worden besteed om kortsluiting te voorkomen. Geen enkele verbinding mag worden veranderd als de schakeling nog op de spanningsbron(nen) staat aangesloten. Elektronenbuizen mogen niet werken bij spanningen die groter zijn dan die door de fabrikant als toelaatbaar worden opgegeven.

Alvorens spanningen op een buis worden aangesloten moet een buizengids worden geraadpleegd.

Ook mag het maximale toelaatbare vermogen van weerstanden, de toelaatbare spanning over condensatoren en de maximaal toelaatbare stroom door spoelen en transformatoren niet worden overschreden.

c. het opstellen van de meetschakeling en het opnemen van gegevens.

De verbindingen moeten op overzichtelijke wijze worden aangebracht, teneinde verwarring te voorkomen en niet langer worden gemaakt dan nodig is. Ook moet gezorgd worden voor een elektrisch en mechanisch contact tussen de leidingen en de instrumenten.

De spanningsbron moet het laatste aangesloten worden, nadat de gehele opstelling goed gecontroleerd is en alle instrumenten in hun ongevoeligste stand zijn geschakeld.

Alvorens men tot het doen van de eigenlijke waarnemingen overgaat, meet men het hele gebied, waarover de meting zich uitstrekt, globaal even door om na te gaan of de meetopstelling in het gehele

gebied naar wens functioneert en om een indruk te krijgen van de uitslagen der meetinstrumenten. Neem altijd zoveel aflezingen dat een vloeiende grafiek wordt verkregen. Het aantal meetpunten hangt af van het verloop. Dikwijls zal de verandering van de te meten grootte niet evenredig zijn met de veranderlijke grootte.

Veronderstel bijvoorbeeld dat de statische $I_a - U_a$ karakteristiek van een penthode moet worden opgenomen, zoals in fig. 1 is weergegeven.

Uit het verloop van de kromme blijkt duidelijk dat de spanningstoename beneden 50 volt een grotere stroomverandering tot gevolg heeft dan een even grote spanningstoename boven de 50 volt.

In het algemeen geldt dus dat het aantal meetpunten langs de kromme zal variëren met de vorm van de kromme. Fig. 2 geeft een voorbeeld van een kromme waarbij men erg gemakkelijk het maximum mist, tenzij men er voldoende aandacht aan besteedt om het te verkrijgen.

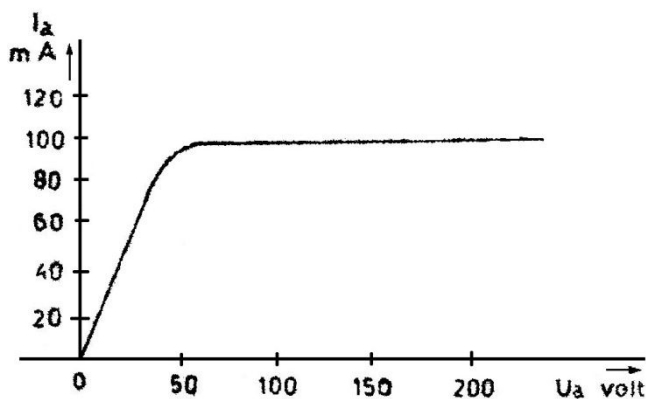


Fig. 1

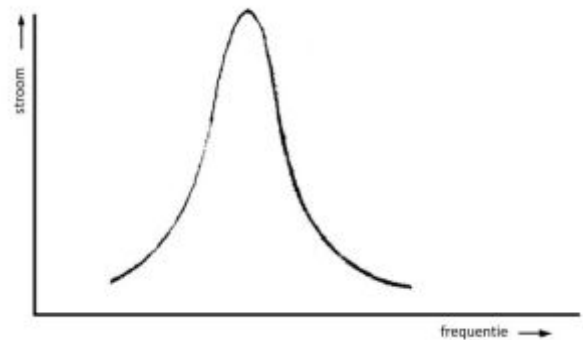


Fig.2

d het opstellen van grafieken

Grafieken vormen de meest geschikte methode om de eigenschappen van een schakeling of apparaat te onderzoeken. Er moet echter aan enige punten aandacht worden besteed.

De schalen moeten zodanig worden gekozen dat de grafieken kunnen worden afgelezen met een nauwkeurigheid die overeen komt met die van de werkelijke aflezingen op de instrumenten.

In principe moet men decimalenschalen opzetten in het rechthoekige assenstelsel. De nummers van de schaalverdeling en de betekenis van deze nummers moeten langs de assen geplaatst worden.

Het moet worden vermeden dat 2 of meer grafieken elkaar kruisen, in het bijzonder als ze nagenoeg hetzelfde verloop hebben.

R.T.

Praktische Meettechniek

Nadruk verboden 3



HILVERSUM

e Het meetverslag

Van iedere opdracht moet een meetverslag gemaakt worden en ter correctie worden ingeleverd.
Voor dit verslag dient het volgende schema aangehouden te worden:

1° MEETOPDRACHT.

Vermeld alleen het nummer van de opdracht.

2° PROBLEEMANALYSE.

Behandel hierin het volgende:

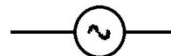
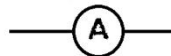
- Een theoretische beschouwing van de opdracht, (doe dit beknopt en met eigen woorden)
- Motiveer het gebruik van de meters die u denkt toe te passen.
- Bereken (indien mogelijk) de schakeling. Gebruik hierbij geen gemeten waarden.

3° MEETOPSTELLING.

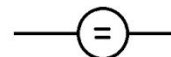
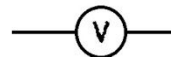
Teken de schakeling en plaats alle meters die gebruikt worden.
Maak eventueel detailtekeningen.
Geef bij gelijkspanningen en –stromen polariteiten aan.

Metersymbolen.

Ampèremeter



Voltmeter



Wisselspanningsbron

Gelijkspanningsbron

Geef duidelijk aan waar de schakeling geaard wordt. Bij een verklaring van een wisselstroomcircuit moet men bij de AC-bron ook tekens aannemen.

4° INSTRUMENTENLIJST.

Hierin worden de gebruikte instrumenten met hun volgnummers vermeld.
bv. B1, DB, P2, enz.

5° MEETRESULTATEN.

Maak een staatje waarin de verkregen waarden worden ingevuld.

6° UITWERKING, CONCLUSIES EN OPMERKINGEN.

- a. Maak eventuele verdere berekeningen om gestelde vragen te beantwoorden.
- b. Bepaal eventueel de meetfouten die zijn ontstaan met de volgende formules:

$$\text{Meetfout in \%} = \frac{\text{Berekende waarde} - \text{gemeten waarde}}{\text{berekende waarde}} \times 100\%$$

- c. Bespreek eventueel meetmoeilijkheden en trek daaruit uw conclusies.

Bij ieder meetverslag moet de datum waarop de meting werd uitgevoerd worden vermeld, zoals in het voorbeeldverslag zal worden aangegeven.

f. Gegevens der meters.

Universeelmeter.

Meterweerstand: Gelijkspanning: 20.000 Ω/v .
voorbeeld: op stand "60 V" dus $R_m = 60 \times 20.000 = \underline{120.000 \Omega}$

Wisselspanning: 1666 Ω/v .
voorbeeld: op stand : "12 V" dus $R_m = 12 \times 1666 = \underline{19.992 \Omega}$

Gelijkstroom: 1/2 V per bereik.
voorbeeld: op stand "600 mA"
$$R_m = \frac{0,5}{6 \cdot 10^{-1}} = 5/6 \Omega$$

Wisselstroom: 1/2 V. per bereik
voorbeeld: op stand "6 mA" $R_m = \frac{1,5}{6 \cdot 10^{-3}} = 250 \Omega$

Voor wisselstroom is de stand : "0,12 mA" niet aangesloten.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 5



HILVERSUM

Diode Buisvoltmeter

Uitsluitend te gebruiken voor gelijkspanning. Bij gebruik van de bijbehorende meetkop ook voor wisselspanning geschikt.

Meterweerstand: gelijkspanning: ongeveer $10\text{ M}\Omega$
wisselspanning: ongeveer $3,5\text{ M}\Omega$

Elektronische voltmeter.

Uitsluitend geschikt voor wisselspanningen van $20\text{ Hz} - 1\text{ MHz}$

Meterweerstand ongeveer $1,5\text{ M}\Omega$

De drie principe meetopstellingen.

1° Volt-meter

Een Volt-meter wordt altijd parallel geschakeld met het meetobject.

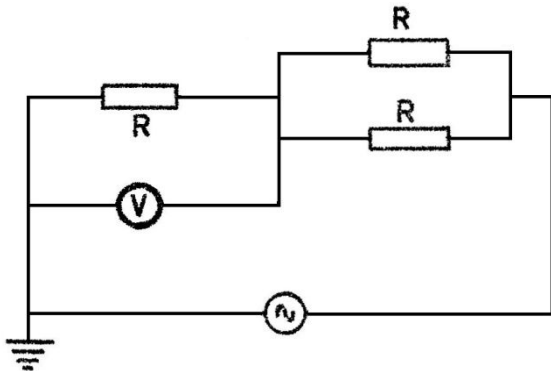


Fig. 3

2° Ampère-meter.

De ampère-meter moet altijd in serie met de belasting worden opgenomen en nooit over een spanningsbron worden aangesloten. (fig. 4)

3° Ohm-meter.

Een Ohm-meter heeft een inwendige spanningsbron (een batterij) die een stroom veroorzaakt door de onbekende weerstand. deze stroom laat de meter uitslaan. De schaal is dan geijkt in een ohmse waarde. Verder moet de schakeling spanningsloos zijn.

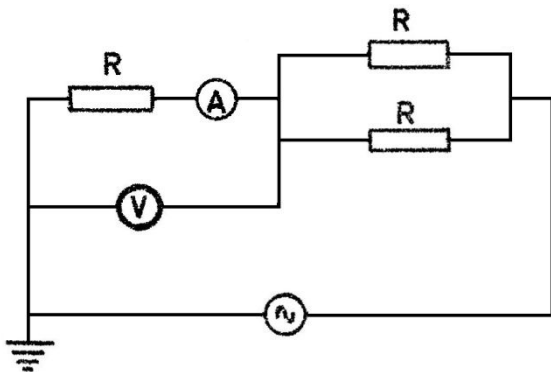


Fig. 4

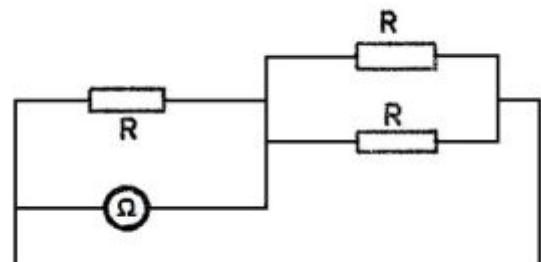
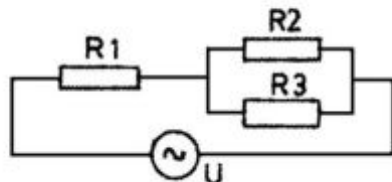


Fig.5

Voorbeeld van een uitgewerkt meetverslag.

Opdracht: Meet de spanningen over en de stroom door de weerstanden van onderstaande schakeling met gebruikmaking van een universeelmeter.

Is de keuze van het instrument juist om een nauwkeurige meting te verrichten?



$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 20 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 20 \text{ k}\Omega \end{aligned} \quad U = 20 \text{ V.}$$

Fig.6

MEETVERSLAG.

NAAM. P. METING.

KLAS. _____

DATUM. _____

MEETOPDRACHT. NR. X.

Probleemanalyse.

Door de eenvoud van de opdracht vervalt de beschouwing en de keuze van de instrumenten ligt vast door de opdracht. Hierdoor blijft alleen de berekening over.

Uit de opdracht blijkt dat:

$$R_t = R_1 + R_v = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 10 + \frac{400}{40} = 20 \text{ K}\Omega$$

$$I_t = \frac{U}{R_t} = \frac{20}{20 \cdot 10^3} = 1 \text{ mA.}$$

$$U_{R_1} = I_t R_1 = 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 10 \text{ V.}$$

$$U_{R_2} = U_t - U_{R_1} = 20 - 10 = 10 \text{ V}$$

$$I_{R_2} = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{10}{20 \cdot 10^3} = 0,5 \text{ mA.}$$

$$I_{R_3} = \frac{U_{R_2}}{R_3} = \frac{10}{20 \cdot 10^3} = 0,5 \text{ mA.}$$

Meetopstelling.

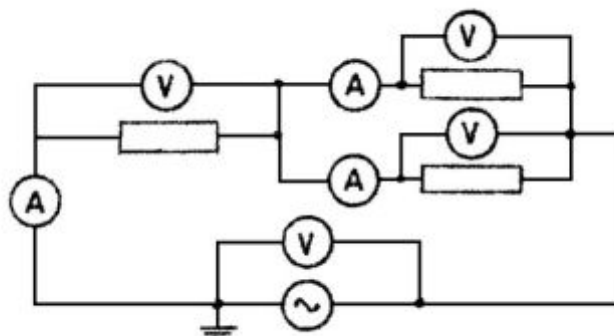


Fig.7

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 7



HILVERSUM

Instrumentenlijst.

U_2, P_3

Meetresultaten.

$$\begin{array}{ll} U_a = 20 V & I_t = 0,95 mA. \\ U_{R_1} = 9 V & I_{R_2} = 0,46 mA. \\ U_{R_2} = 9,5 V & I_{R_3} = 0,48 mA. \\ U_{R_3} = 9,5 V & \end{array}$$

Uitwerking en conclusies.

Meetfouten van:

$$U_{R_1} \rightarrow \frac{10-9}{10} \cdot 100\% = 10\%$$

$$I_t \rightarrow \frac{1-0,95}{1} \cdot 100\% = 5\%.$$

$$U_{R_{2,3}} \rightarrow \frac{10-9,5}{10} \cdot 100\% = 5\%$$

$$I_{R_2} \rightarrow \frac{0,5-0,46}{0,5} \cdot 100\% = 8\%.$$

$$I_{R_3} \rightarrow \frac{0,5-0,48}{0,5} \cdot 100\% = 4\%.$$

Dat er grote afwijkingen optreden, komt omdat de meterweerstand niet te verwaarlozen is.

Deze meterweerstand bedraagt namelijk $R_m = 12 \cdot 1666 = 20 k\Omega$ voor spanningsmetingen en:

$$R_m = \frac{1,5}{0,006} = \frac{1500}{6} = 250 \Omega \text{ voor stroommetingen.}$$

Deze waarden zijn bij de berekening verwaarloosd, vandaar de grote afwijkingen.

Verder hebben de weerstanden een zekere tolerantie waardoor de waarden afwijken. Het aflezen van de meter geeft ook een zekere afwijking.

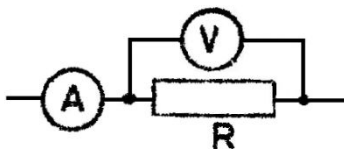


Fig. 8

De meterweerstand bij stroommeting bedraagt 250Ω . Over de meter (fig. 8) valt dus ook spanning die niet gemeten wordt. Dit vergroot ook de meetfout.

De keuze van de universeelmeter is niet gunstig omdat de meterweerstand de schakeling beïnvloed. Deze meterweerstand moet veel groter zijn dan die waarover gemeten wordt, zodat in dit geval een E.V.M.*¹. betere resultaten zou geven.

*¹ E.V.M. Elektronische voltmeter (FV)

Meetopdracht 1.

- M 1. Meet met behulp van twee universeelmeters de stroom door drie in serie geschakelde weerstanden, aangesloten op een gelijkspanningsbron. Meet eveneens de spanning over iedere weerstand. De waarde van de weerstanden moet tussen 10 en 30 kΩ liggen. Verricht de meting nog eens, maar nu met een universeelmeter en een buisvoltmeter. Verklaar een eventueel verschil in meetresultaten. Kies de spanning zodanig dat het maximaal toelaatbare vermogen van de weerstanden niet wordt overschreden en de totaalstroom veel kleiner is dan de stroom die de stroombron kan leveren.
- M 2. Meet met behulp van een spannings- en stroommeter de totaalstroom en de spanning over drie parallel geschakelde weerstanden, aangesloten op een gelijkspanningsbron. De waarde van de weerstanden moet tussen 50 kΩ en 100 kΩ liggen. Zorg dat de totaalstroom niet te groot is (zie opgave 1). Waardoor wordt de keuze van de meetinstrumenten bepaald?
- M 3. Meet de stroom door- en de spanning over elk der weerstanden bij een schakeling bestaande uit een weerstand in serie met twee parallel geschakelde weerstanden. Bepaal met behulp van de verkregen meetresultaten de vervangingsweerstand van de schakeling. De waarde van de weerstanden ligt tussen 10 kΩ en 59 kΩ.
- M 4. Meet de stroom door- en de spanning over iedere weerstand van de schakeling van fig. 9. Bepaal uit de verkregen meetresultaten de grootte van iedere weerstand en vervangingsweerstand van de schakeling. De waarde van de weerstanden ligt tussen 1kΩ en 10 kΩ.

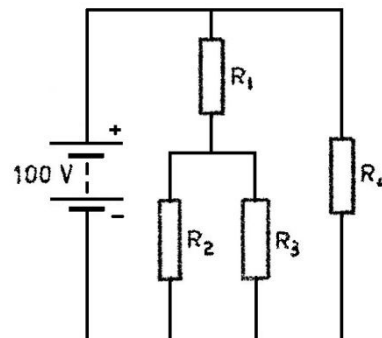


Fig.9

Meetopdracht 2.

- M 5. Bepaal de inwendige weerstand (R_i) van een gelijkspanningsbron met behulp van twee belastingsweerstand en een universeelmeter. Opmerking: Pas de methode toe: $U = I_1(R_i + R_{U_1})$ en $U = I_2(R_i + R_{U_2})$

Meetopdracht 3.

- M 6. Belast een gelijkspanningsbron met een zekere (kunstmatige) R_i , achtereenvolgens met verschillende weestanden, liggende tussen 30 kΩ en 150 kΩ. Bepaal voor elk van deze gevallen de stroomsterkte en teken voor deze gevonden stroomwaarden een grafiek.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 9



HILVERSUM

- M 7. Meet van een gelijkspanningsbron met een constante belasting van $50 \text{ k}\Omega$. De stroomsterkte bij verandering van de spanning van 70 V tot 250 V . Teken de gevonden resultaten in een grafiek.

Meetopdracht 4.

- M 8. Meet de spanning over- en de stroom door een weerstand, aangesloten op een gelijkspanningsbron met zekere R_i . Maak de uitwendige weerstand tweemaal zo groot en verricht dezelfde meting. Verricht bovenstaande meting nogmaals, maar nu met een spanningsbron met een verwaarloosbaar kleine R_i . Verklaar de gevonden meetresultaten. Zorg ervoor dat de maximale stroom die de gelijkspanningsbron kan leveren in geen geval wordt overschreden.

Meetopdracht 5.

- M 9. Bepaal door meting het afgegeven vermogen van een gelijkspanningsbron met zekere (kunstmatige) R_i , als functie van de belastingsweerstand, n.l. $R_u < R_i$, $R_u = R_i$ en $R_u > R_i$ en vergelijk de gevonden meetresultaten. Bepaal in deze drie gevallen eveneens het rendement van de schakeling.

Meetopdracht 6.

- M 11. Meet de E.M.K., U_k en de stroom I van twee parallel geschakelde batterijen van $4,5 \text{ V}$, belast met een weerstand van $1 \text{ k}\Omega$ en bepaal R_i .
- M 12. Meet de E.M.K., U_k en de stroom I van twee in serie geschakelde batterijen van $4,5 \text{ V}$, belast met een weerstand van $1 \text{ k}\Omega$ en bepaal R_i .

Meetopdracht 7. (wetten van Kirchhoff)

- M 13. Meet van nevenstaande schakeling over- en de stromen door de weerstanden, alsmede hun richtingen. Controleer de verkregen resultaten met de wetten van Kirchhoff.

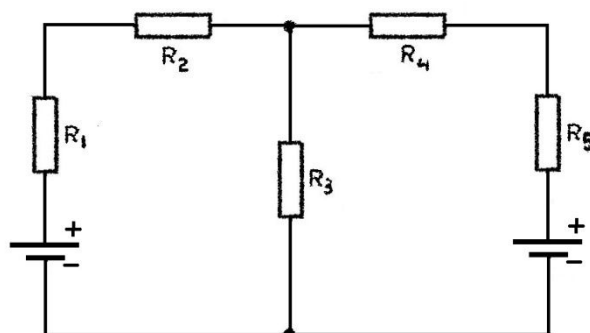


Fig. 10

Meetopdracht 8.

- M 14. Laad een condensator van $4 \mu F$ op tot een spanning van $100 V$. Ontlaad de condensator over de meterweerstand van de diodebuisvoltmeter. Maak een grafiek van deze ontlading als functie van de tijd.

Meetopdracht 9.

- M 15. Schakel een condensator van twee μF in serie met een condensator van $0,2 \mu F$ en sluit deze schakeling aan op een gelijkspanningsbron van $150 V$. Meet de spanning over elke condensator en geef in de probleemanalyse duidelijk aan hoe deze meting uitgevoerd moet worden en aan elke eisen de gebruikte instrumenten moeten voldoen. (Denk aan de laad- en ontladstroom)
Beschouw de spanningsverdeling als functie van de capaciteiten.

Meetopdracht 10.

- M 16. Meet de spanning over elke condensator bij een gemengde schakeling van drie condensatoren, aangesloten op een wisselspanningsbron. Bereken de vervangings-C en controleer de meetresultaten.
- M 17. Meet de isolatieweerstand van een mica-, een keramische- en een papiercondensator, door in serie een gevoelige DC-meter op te nemen. Denk aan de laad- en ontladstroom en zorg er voor dat de opgegeven toelaatbare werkspanning niet wordt overschreden.
- M 18. Meet de lekstroom van twee elektrolytische condensatoren in normale bedrijfstoestand, dus opgenomen in afvlakfilter van een P.S.A. met belastingsweerstand.

Meetopdracht 11.

- M 20. Schakel een spoel en een weerstand parallel en meet de spanning, de totaalstroom en de takstromen. Construeer met behulp van deze gegevens een vectordiagram en bepaal de fasehoek die tussen I en $U_{tot.}$ optreedt.

Meetopdracht 12.

- M 21.

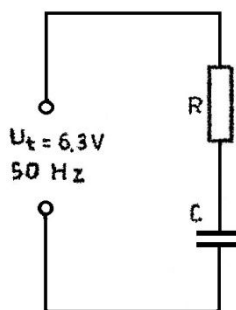


Fig. 11

Zet de schakeling van fig. 11 op en meet de totaalstroom en de spanningen over de gehele schakeling, over de weerstand en over de condensator. Meet deze grootheden bij een grote en een kleine waarde van de capaciteit en geef voor beide gevallen het vectordiagram.

- M 22. Schakel de condensator C en de weerstand R van meting 21 parallel en meet de aangesloten spanning, de totaalstroom en de takstromen. Construeer de vectordiagrammen en bepaal de faseverschuiving die de gehele schakeling bij een grote en een kleine waarde van de capaciteit tussen $U_{tot.}$ en de stroom veroorzaakt.



Meetopdracht 13. (alle graf. apart weergeven)

- M 23. Meet van een serieschakeling van een condensator van $\pm 0,1 \mu F$ en een weerstand van $\pm 1000 \Omega$, de spanning over de condensator en teken de grafiek van deze spanning als functie van de freq. (laagdoorlaatfilter). Verklaar het verloop van de verkregen grafiek.
- M 24. Neem eveneens een grafiek op van de spanning over de weerstand van meting 23 als functie van de frequentie en verklaar het verloop van de verkregen grafiek. (hoogdoorlaatfilter).
- M 25. Meet bij een serieschakeling van een spoel van $\pm 1 H$ en een weerstand van $\pm 1000 \Omega$ de spanning over de spoel en teken de grafiek van deze spanning als functie van de frequentie. Is de schakeling een hoog- of een laagdoorlaatfilter? Verklaar waarom.
- M 26. Herhaal de meting 25 door de spanning over de weerstand in een grafiek uit te zetten als functie van de frequentie. Verklaar eveneens het verloop van de verkregen grafiek. Hebben we hier te maken met een hoog- of een laagdoorlaatfilter? Verklaar waarom.

Meetopdracht 14.

- M 27. Neem van een serieschakeling van een spoel, een condensator en een weerstand de resonantie-kromme op. Geef de grafiek van deze kromme, waarbij de frequentie op de horizontale as en de stroom op de verticale as is uitgezet. Hoe meet u deze stroom?
- M 28. Neem de resonantiekromme van de schakeling van meting 27 eveneens op, als de ohmse weerstand driemaal zo groot is gemaakt. Teken de krommen van meting 27 en 28 in één grafiek en vergelijk de verkregen meetresultaten. Bepaal in de gevallen 27 en 28 de 3 dB-punten, (dit zijn de frequenties uitgedrukt in Hz waarbij de spanning (stroom) tot $1/\sqrt{2}$ van de maximale waarde is gedaald.) De bandbreedte is het verschil tussen deze twee frequenties. Bepaal de bandbreedte.

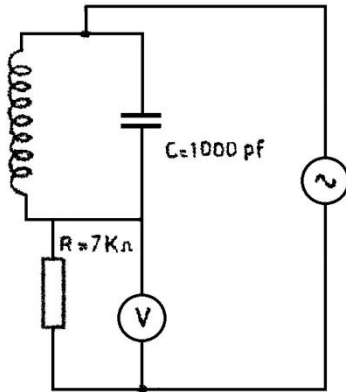
Meetopdracht 15.

- M 29. Neem van een parallelschakeling van een spoel en een condensator de resonantiekromme op. In dit geval moet de stroom die aan de kring wordt toegevoerd een constante waarde hebben. (verklaar waarom) De inwendige weerstand van de generator moet dus zo groot zijn dat de variatie van de impedantie van de kring een te verwaarlozen verandering van de totaalstroom ten gevolge heeft. Daar de inwendige weerstand van de meeste generatoren klein is, moet de inwendige weerstand worden vergroot door uitwendig een zeer grote weerstand in serie met de generator op te nemen.
- M 30. Meet de resonantiefrequentie en de resonantie-impedantie op van de schakeling volgens meting 29. Plaats daarna de weerstand in serie met de condensator en meet opnieuw de resonantiefrequentie en de resonantie-impedantie.

- M 31. Herhaal meting 29 met een weerstand $10\text{ k}\Omega$ in serie met de spoel en vergelijk de grafiek die men nu verkrijgt met die van meting 29. Verandert de resonantiefrequentie wanneer een weerstand aan de spoel wordt toegevoegd?
Verklaar de verschillen tussen meting 29, 30 en 31.

Meetopdracht 16.

M 32.



Zet de schakeling van fig. 12 op, bepaal de resonantiefrequentie.
Varieer de frequentie van de generator aan weerszijden van de resonantiefrequentie en meet de spanning over de weerstand R bij een constante waarde van de generatorspanning. (waarom constant)?
Teken een grafiek van de spanning over de weerstand als functie van de frequentie.
Verklaar het verloop van de verkregen grafiek.

Fig. 12

Meetopdracht 17.

M 19.

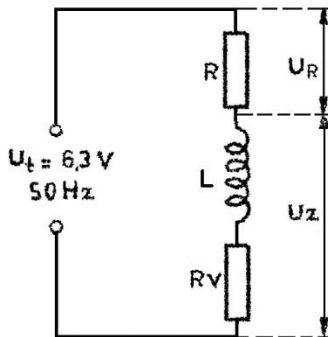


Fig. 13a

Zet de schakeling van fig. 13a op en meet de stroom, de aangelegde spanning, de spanning over de serie weerstand R en over de spoel.
Construeer met behulp van deze gegevens een vectordiagram volgens fig. 13b en bereken:
a. de coëfficiënt van zelfinductie L .
b. de verliesweerstand R_v van de spoel.
c. de fasehoek tussen I en U_z .

- a. R_v is de verliesweerstand van de spoel.

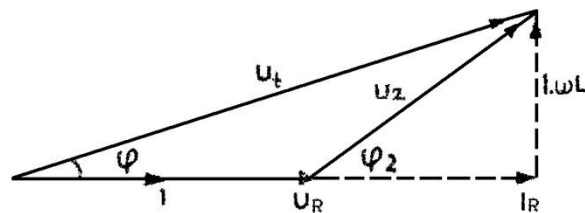


Fig. 13b

- b. φ is de fasehoek tussen I en U_{tot} . door de gehele schakeling veroorzaakt.
 φ_2 is de fasehoek tussen I en U_z door de spoel alleen veroorzaakt.

M 33. Meet van drie verschillende condensatoren de verlieshoek met behulp van de drievoltmetermethode.

Meetopdracht 18.

M 34. Bepaal de coëfficiënt van zelfinductie van een spoel voor hoogfrequent en van een spoel voor laagfrequentdoeleinden en maak daarbij gebruik van de volgende twee methoden. Welke van deze twee methoden gebruikt u bij een l.f.-spoel en welke bij een h.f.-spoel en waardoor wordt dit bepaald?

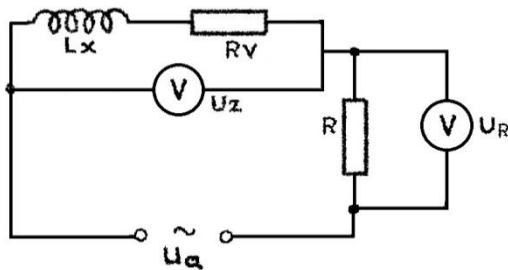


Fig. 14

a. De impedantie van de spoel L_x is:

$$Z_x = (R_v^2 + \omega^2 L_x^2).$$

Om L_x te kunnen bepalen moeten dus Z_x en R_v bekend zijn (fig. 14).

$$Z_x = \frac{U_{tot.}}{I}, \text{ waarin: } I = \frac{U_R}{R}$$

en R een bekende weerstand is.

Door nu op een spoel een gelijkspanning aan te sluiten, kan de gelijkstroomweerstand van de spoel worden gemeten, waarna L_x kan worden berekend.

Hoe groot zou de weerstand R door u gekozen worden?

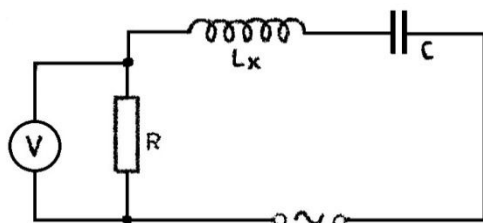


Fig. 15

b. Schakel de spoel in serie met een weerstand en een condensator waarvan de capaciteit bekend is. Breng vervolgens de kring in resonantie. Dit is het geval wanneer de spanning over de weerstand R minimaal is. Waarom?

Uit de formule van Thomson volgt dan:

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 C} \text{ (fig. 15)}$$

Verklaar waarom deze meting nauwkeuriger wordt naarmate de waarde van de weerstand R kleiner is. Kan deze weerstand ook te klein genomen worden? Welke soort weerstanden zou u kiezen?

Meetopdracht 19.

- M 35. Van de serieschakeling van een spoel en een condensator moet de verliesweerstand worden bepaald. Hiervoor kan de schakeling van fig. 16 worden gebruikt. In serie met de spoel en de condensator wordt een bekende weerstand R opgenomen. Dit mag geen draadgewonden weerstand zijn. Waarom niet?

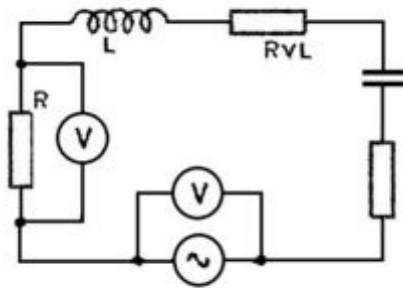


Fig. 16

Op dezelfde manier als in meting 34 wordt de kring in resonantie gebracht, wat geconstateerd kan worden met behulp van de voltmeter over de weerstand R . Bij resonantie geldt:
 $Z_t = R_t = R + R_{vL} + R_{vC} =$
 $\frac{U_t}{I_t} = \frac{U_t}{U_R} \cdot R$
 De waarde van $R_{vL} + R_{vC}$ is nu dus bekend.

Meetopdracht 20.

- M 36. Van een spoel L moet de kwaliteit worden bepaald bij een bepaalde frequentie f . Daartoe wordt in serie met de spoel een condensator C opgenomen, zodat de kring is afgestemd op de frequentie f . De aldus gevormde kring wordt op een generator aangesloten die een spanning met de frequentie f levert. Van deze kring moet nu de Q -factor worden bepaald, waarna de verliesweerstand van de spoel kan worden berekend. De Q -factor van een seriekring kan worden bepaald uit de spanningsopslinging.

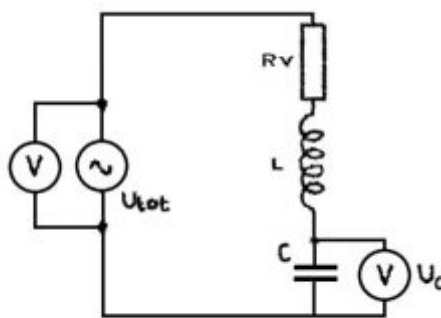


Fig. 17

Dat is de verhouding van de spanning over de condensator en de totaalspanning. Bij deze meting mag men de condensator verliesvrij veronderstellen. De spanningsopslinging wordt ook wel uitgedrukt als de verhouding van de spanning over de spoel en de totaalspanning. Waarom is deze uitdrukking in dit geval niet te gebruiken?

Uit de formule $Q = \frac{\omega L}{R}$ kan nu de verliesweerstand worden bepaald.

Meetopdracht 21.

- M 37. Bepaal van een voedingstransformator de nullaststroom en transformatieverhouding. Belast daarna deze trafo met een ohmse weerstand van ca. $50 \text{ k}\Omega$ en bepaal dan: $I_{prim.}$, $I_{sec.}$ en $U_{prim.}$ en $U_{sec.}$. De verliesweerstand kunnen worden verwaarloosd.

- M 38. Bepaal van de voedingstransformator uit meting 37 het opgenomen vermogen, het afgegeven vermogen en het rendement bij twee waarden van de secundaire belasting. Neem hiervoor twee weerstanden waarvan de waarde tussen 50 kΩ en 100 kΩ ligt. Daar het opgenomen vermogen gelijk is aan $P_o = I \cdot U \cdot \cos \varphi$, moet eveneens de fasehoek van de primaire wikkeling van de transformator worden bepaald. Bestudeer daartoe nogmaals meetopdracht 17. De spoel L in fig. 13a wordt dan vervangen door de primaire wikkeling van de transformator, terwijl de secundaire wikkeling met de gekozen belastingsweerstand wordt belast. Waarom hoeft bij het bepalen van het afgegeven vermogen de $\cos \varphi$ niet te worden bepaald?
- M 40. Neem van een uitgangstransformator de amplitudekarakteristiek op. (De spanning over de secundaire als functie van de frequentie.) Kies voor het frequentiegebied dat van 20 Hz tot 20 kHz. Sluit op de secundaire wikkeling een ohmse weerstand aan met de waarde waarvoor de transformator is ontworpen.

Let op.

Bij onderstaande metingen moet steeds worden gezorgd dat de maximale toelaatbare stromen en spanningen voor de buis die door de fabrikant worden opgegeven in geen geval worden overschreden

Het product van anodestroom en anodespanning mag nooit de voor de buis opgegeven maximaal toelaatbare anodedissipatie $P_{a_{max}}$ overschrijden.

(Gebruik steeds het buizenboek.)

Meetopdracht 22.

- M 72. Neem van een diode (EBC 3) de $I_a - U_a$ - karakteristiek op met behulp van de schakeling van fig. 18a waarbij begonnen wordt bij $U_a = -5 V$. (U_a mag maximaal 100 volt zijn.) Verklaar het verloop van de karakteristiek.

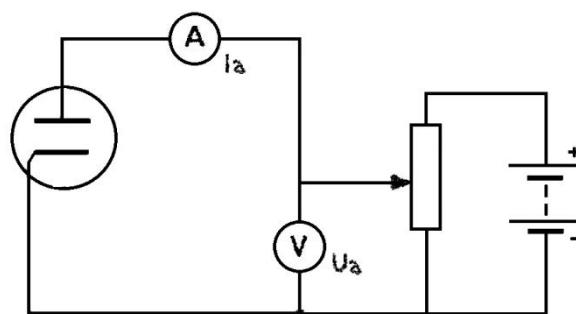


Fig. 18

Meetopdracht 23.

- M 41. Neem van een triode de $I_a - U_a$ - karakteristieken op voor drie verschillende anodespanningen. Neem eveneens de $I_a - U_a$ - karakteristieken op voor drie verschillende rooster- spanningen. Bepaal de steilheid, de inwendige weerstand en de versterkingsfactor in dat gedeelte waar deze als recht kunnen worden beschouwd en eveneens in een gekromd gedeelte.

Meetopdracht 24.

- M 44. Neem in de anodekring van een triode een anodeweerstand R_a op en bepaal de dynamische karakteristiek van de buis door de voedingsspanning U_b constant te houden en de anodestroom af te lezen bij variatie van de negatieve roosterspanning van nul tot die waarde waarbij de anodestroom nul wordt. Herhaal de meting met een tweemaal zo grote anodeweerstand en teken beide karakteristieken in een grafiek. Bepaal in beide gevallen de dynamische steilheid in het rechte gedeelte.
- M 45. Neem van een triode, belast met dezelfde anodeweerstanden als in meting 44, twee belastingskarakteristieken op. Varieer de negatieve roosterspanning en bepaal bij iedere waarde hiervan de anodestroom en de anodespanning. Teken beide karakteristieken in één grafiek.

Meetopdracht 25.

- M 47.a Neem van een penthode een bundel $I_a - U_{g1}$ - karakteristieken op voor drie verschillende schermroosterspanningen van 125 V, 150 V en 175 V en een anodespanning van 150 V.
- b. Neem vervolgens twee $I_a - U_{g1}$ - karakteristieken op bij een schermroosterspanning van 150 V en een anodespanning van 50 V en 150 V.
- c. Neem tenslotte $I_a - U_a$ - karakteristieken op voor drie verschillende waarden van de negatieve roosterspanning en constante schermroosterspanning.
- d. Bepaal uit deze meetresultaten de inwendige weerstand en de steilheid in het rechte gedeelte. Bepaal tevens de inwendige weerstand in dat gedeelte van de $I_a - U_a$ - karakteristiek bij $U_{g1} = 0$ V, die beneden de $U_a = 50$ V is gelegen.
- e. Neem in de anodekring van deze penthode een anodeweerstand R_a op en bepaal de belastingslijn. Herhaal de meting met een tweemaal zo grote anodeweerstand en teken beide belastingslijnen in één grafiek. Houd in beide gevallen U_b constant.

Meetopdracht 26 (meetset C)

Neem voor de volgende meetopdrachten meetset C en zorg voor de juiste werkspanningen. (Raadplaag het buizenboek.) Neem hetingangssignaal U_i steeds zo klein dat het rooster nooit positief wordt. Sluit een kathodestraaloscillograaf op de uitgangsklemmen aan ter controle van de uitgangsspanning.

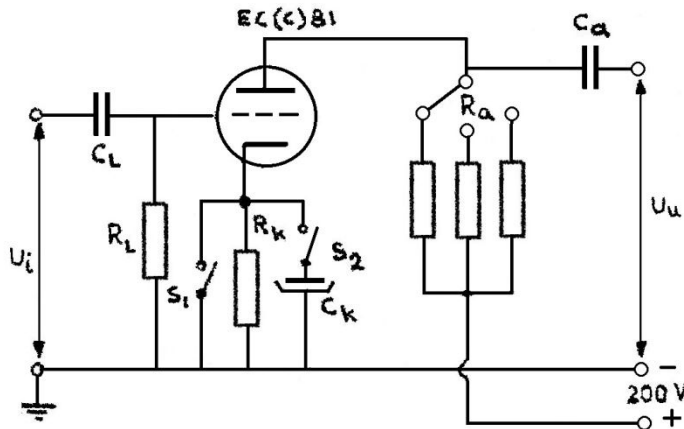


Fig. 19 Weerstandversterker.

- M 52. Meet van de schakeling van fig. 19 de anodespanning, de anodeglijksstroom en de negatieve roostergelijksstroom bij de verschillende anodeweerstanden met een buisvoltmeter en daarna met een universeelmeter. Vergelijk de verkregen resultaten. Verklaar de verschillen.
- M 53a. Sluit op de ingangsklemmen van de schakeling van fig. 19 een l.f.-generator aan die een signaal afgeeft met een frequentie van 1000 Hz. Meet de optredende anodewisselspanning U_u en bepaal de spanningsversterking. Herhaal dit voor een frequentie van 200 Hz en 20 000 Hz. Waaraan wijt u het verschil in de gemeten anodewisselspanning?
- b. Neem vervolgens een andere waarde voor de anodeweerstand R_a en bepaal ook in dit geval de spanningsversterking. Vergelijk de verkregen resultaten met meting a. en geef een verklaring voor eventueel optredende verschillen.

Meetopdracht 27.

- M 54. Sluit een l.f.-signaal met een frequentie van 1000 Hz aan op de schakeling van fig. 19 en sluit S_1 . Breng in serie met R_L een zodanige n.r.s. aan dat de buis volledig uitgestuurd kan worden. Neem $R_a = 22 \text{ k}\Omega$. Sluit een oscillograaf op de uitgangsklemmen aan en neem de amplitude van het uitgangssignaal zo groot dat dat de uitgangsspanning net niet vervormd is. Maak een tekening van de gedaante van het uitgangssignaal die ontstaat indien een te grote en een te kleine waarde van de negatieve roosterspanning wordt ingesteld, zonder het ingangssignaal te veranderen. Stel vervolgens de negatieve roosterspanning weer in op de juiste waarde en laat de amplitude van het ingangssignaal geleidelijk toenemen. Maak nu ook een tekening van de verkregen oscillogrammen en verklaar het spanningsverloop.

Meetopdracht 28.

- M 46. Neem van een penthode (EL 34) geschakeld als tetrode (g_2 met g_3 doorverbinden) een bundel $I_a - U_a$ - karakteristieken op voor drie verschillende waarden van de n.r.s. en dezelfde schermroosterspanning.

Meetopdracht 29.

Meetsset C.

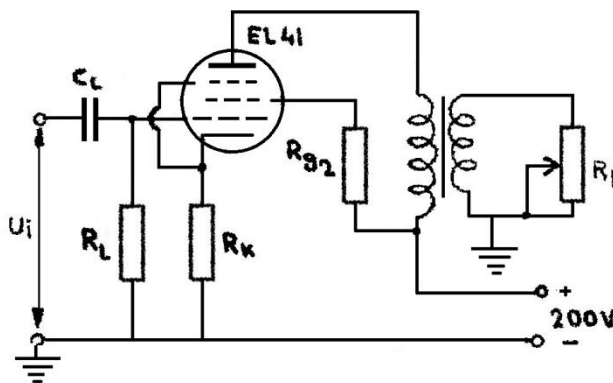


Fig. 20 Eindversterker.

- M 56. Sluit op de schakeling van fig. 20 een l.f.-signaal met een freq. van 100 Hz aan en stuur de buis bij elke waarde van R_b volledig uit zonder dat vervorming van het uitgangssignaal optreedt. Neem van de schakeling de outputkromme op (het uitgangsvermogen als functie van de belastingsweerstand R_b). Bepaal uit deze kromme die waarde voor de belastingsweerstand R_b waarbij maximale output optreedt.

- b. Bepaal bij deze R_b het uitgangsvermogen en het rendement van de schakeling.
 c. Bepaal nu bij een constante ingangsspanning en de gevonden R_b de frequentiekarakteristiek. Het ingangssignaal moet zo groot zijn dat bij maximale versterking net geen vervorming optreedt. (U_u als functie van de frequentie.)
 d. Neem vervolgens bij een constante ingangsspanning de amplitudekarakteristiek op waarbij een luidspreker op de schakeling is aangesloten. (I_{Ls} als functie van de frequentie.)
 Wat zeggen de karakteristieken u? Verklaar dit.

Meetopdracht 30.

- M 58. Bepaal van de schakeling van fig. 20 de anode- en schermroosterdissipatie:
 a. met ingangssignaal van 1000 Hz.
 b. zonder ingangssignaal.
 Vergelijk de resultaten van meting a en b.

Meetopdracht 31.

- M 60. Verbind de schakelingen van meetsset C aan elkaar zodat een volledige l.f.-versterker ontstaat waarbij S_1 open en S_2 dicht is. Sluit een sinusvormige wisselspanning op de ingang aan en neem de karakteristiek op die het verband geeft tussen de uitgangsspanning en de frequentie bij een constante waarde van de ingangsspanning en wel voor $R_a = 10 k\Omega$ en $R_a = 56 k\Omega$. Bepaal de frequenties waarbij de versterking $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maal de versterking van het middengebied is. $R_b = 5\Omega$. Wat is nu de bandbreedte?
 b. Doe hetzelfde nogmaals, maar nu met S_1 en S_2 open.

TEGENKOPPELING.

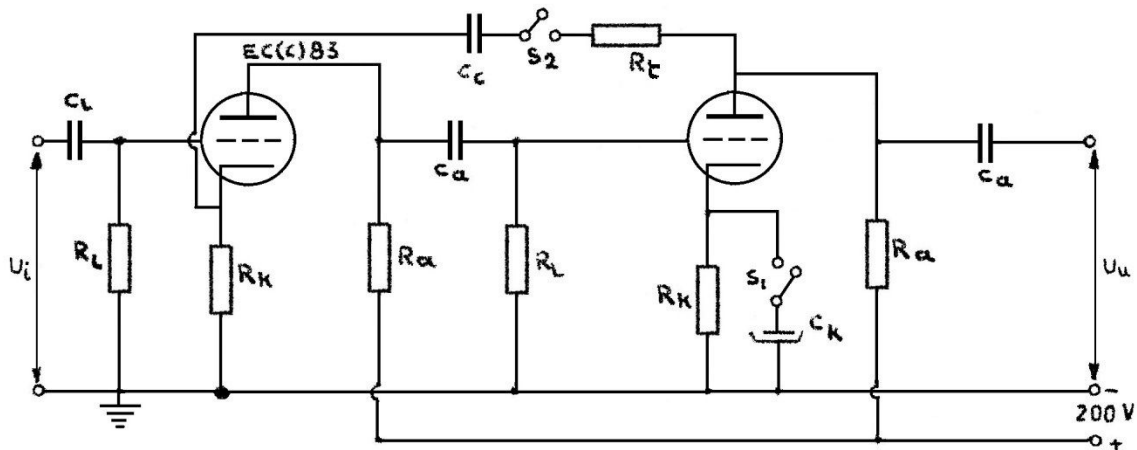


Fig. 21

Meetsset B

Meetopdracht 32.

Gebruik voor onderstaande metingen de schakeling van fig. 21 (meetsset B).

In deze schakeling kan spanningstegenkoppeling worden aangebracht door middel van de spanningsdeler $R_t R_k$ en stroomtegenkoppeling door de kathodeweerstand van buis B_2 niet te ontkoppelen.

N.B. De in de schakeling van fig. 21 voorkomende waarden van de koppelcondensatoren wijken af van de normaal gebruikelijke waarden, ten einde de invloed van tegenkoppeling duidelijk te doen uitkomen.

- M 63. Neem de frequentiekaracteristiek van de schakeling op indien geen tegenkoppeling is aangebracht. (schakelaar S_1 dicht en S_2 open.)
- 63b. Neem de frequentiekaracteristiek op indien stroomtegenkoppeling is aangebracht.
- Neem de frequentiekaracteristiek eveneens op bij de spanningstegenkoppeling. Teken de drie karakteristieken van deze meetopdracht in een grafiek en bepaal in deze drie gevallen de frequenties waarbij een verzwakking van $\sqrt{2}$ optreedt. Hoe groot is in deze gevallen de bandbreedte?
 - Bepaal tevens de tegenkoppelfactor van de schakeling bij 200 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz. Dit is de versterking zonder tegenkoppeling, gedeeld door de versterking met tegenkoppeling.

Meetopdracht 33.

- M 67. Meet de uitgangsimpedantie (inwendige weerstand) van de schakeling van fig. 21 bij 200 Hz en 10000 Hz, voor de volgende drie gevallen:
- zonder tegenkoppeling
 - met spanningstegenkoppeling
 - met stroomtegenkoppeling
- Vergelijk de resultaten van b en c met die van a.

HET GEBRUIK VAN DE KATHODESTRAALOSCILLOGRAAF.

WAARSCHUWING: Indien de spot te lang op het scherm blijft staan, zal het scherm van de elektronenstraalbuis inbranden. Laat dus nooit een stip of een enkele lijn langer op het scherm staan dan strikt noodzakelijk is.

Onderstaande metingen dienen om bekend te raken met de k.s.o. en het doel waarvoor de verschillende controle-organen dienen.

Het toepassingsgebied van de oscillograaf is zeer groot en bij later te behandelen onderwerpen zullen nog talrijke toepassingsmogelijkheden van dit instrument worden besproken.

Ter beoefening: sluit een l.f.-generator aan op de versterker voor verticaalafbuiging van de oscillograaf en bestudeer de invloed van de verschillende controle-organen op het te verkrijgen oscillogram. Varieer hiertoe ook de frequentie van de generatorspanning en maak meerdere perioden van het aangesloten signaal zichtbaar.

Meetopdracht 34.

- M 68. Sluit op de verticale en horizontale versterker hetzelfde l.f.-signaal aan. Stel de oscillograaf zodanig in dat een lijn onder een hoek van 45° ontstaat. Wat concludeert u hieruit?
Bepaal het frequentiegebied waarin geen faseverschuiving tussen de uitgangssignalen van beide versterkers optreedt
- b. Bepaal de fasehoek tussen de stroom en de aangelegde spanning van de serieschakeling van een weerstand, een spoel en de condensator als functie van de frequentie en teken een grafiek (gebruik M 27).
Ga als volgt te werk:

Sluit op een der versterkers een spanning aan die op de schakeling werkzaam is en op de andere versterker een spanning die evenredig is met de stroom. (met een oscillograaf kunnen stromen zichtbaar worden gemaakt door een weerstand in de schakeling op te nemen en de spanning over deze weerstand op de oscillograaf aan te sluiten, daar deze spanning evenredig is met de stroom.

Indien de schakeling reeds een ohmse weerstand bevat, moet deze gebruikt worden voor het zichtbaar maken van de stroom).

Op het scherm van de oscillograaf zal nu een oscillogram verschijnen waaruit de fasehoek kan worden bepaald (zie fig. 22).

A en B zijn de platen voor horizontale en verticale afbuiging.

De aangesloten signalen zijn $U_1 = \hat{U}_1 \sin \omega t$ en $U_2 = \hat{U}_2 \sin(\omega t + \varphi)$.

Op het tijdstip $t = 0$ is $U_1 = 0$ en $U_2 = \hat{U}_2 \sin \varphi$.

$U_2 = \hat{U}_2 \sin \varphi$ is de momentele waarde van de spanning op het tijdstip $t = 0$ en komt dus overeen met de afstand OC op het scherm. ($U_1 = 0^\circ$).

De maximale uitwijking van de figuur op het scherm in verticale richting komt overeen met de maximale waarde van het op de betreffende afbuigplaten aangesloten signaal, dus: $U_2 = \hat{U}_2 \sin \varphi$ of uit: $OC = OD \sin \varphi$ volgt: $\sin \varphi = \frac{OC}{OD}$ waarna φ te berekenen is.

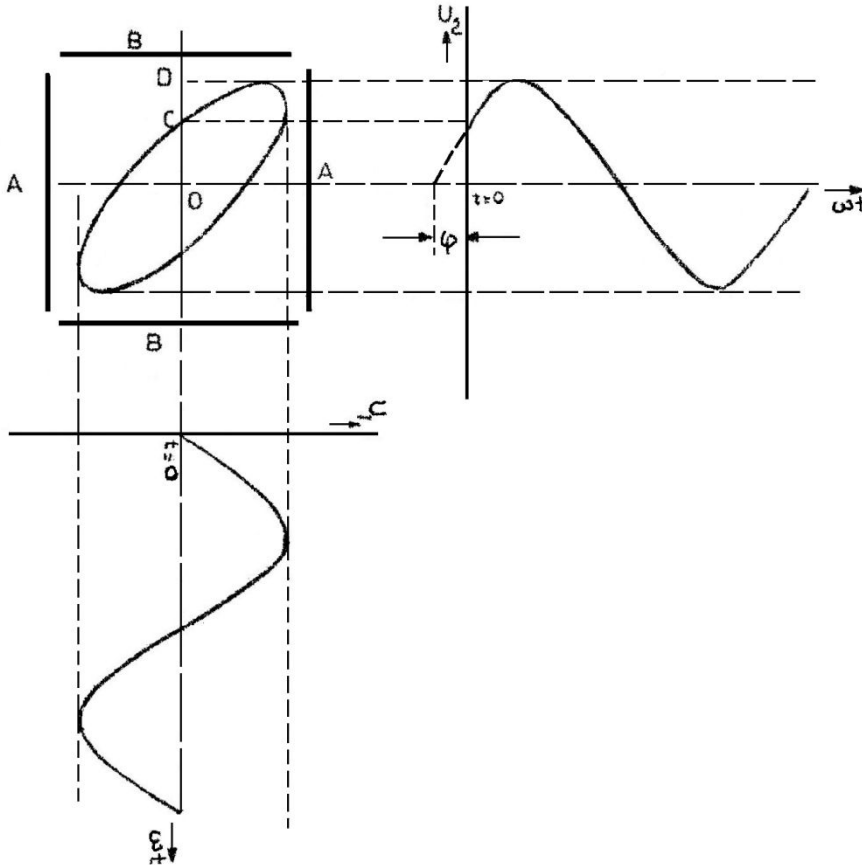


Fig. 22

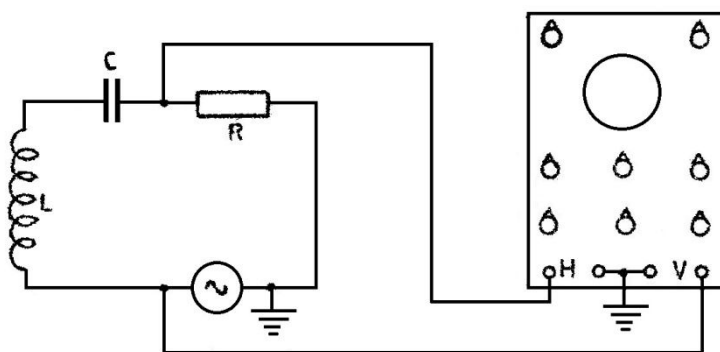


Fig. 23

Gebruik hiervoor de schakeling van fig. 23. Denk aan de juiste aansluiting van de aardpunten. Bepaal eerst de resonantiefrequentie van de schakeling en varieer vervolgens de frequentie over een voldoende groot bereik aan weerszijden van de resonantiefrequentie.

Meetopdracht 35.

- M 70. Bepaal de gevoeligheid van de versterker voor verticale afbuiging bij maximale versterking bij frequenties van 200 Hz, 1000 Hz, 10 000 Hz en 20 000 Hz.
De gevoeligheid wordt uitgedrukt in V/cm . Dit is het aantal volts dat het ingangssignaal moet bedragen om een uitwijking van 1 cm van de elektronenstraal te verkrijgen.

Meetopdracht 36.

- M 71. Het meten van frequenties met behulp van een k.s.o. Sluit op de versterker voor horizontale afbuiging een l.f.-generator aan die een signaal levert met een frequentie van 1000 Hz. Sluit op de versterker voor verticale afbuiging eveneens een l.f.-generator aan en stel de frequentie hiervan eveneens in op 1000 Hz. Herhaal dit voor frequentieverhoudingen van 2, 3, 4 en 5 en teken voor elk van deze gevallen het verkregen oscillogram (Lissajousfiguren). Stel de frequentie van de op de versterker voor verticale afbuiging aangesloten generator steeds zo in dat een stilstaand beeld wordt verkregen.

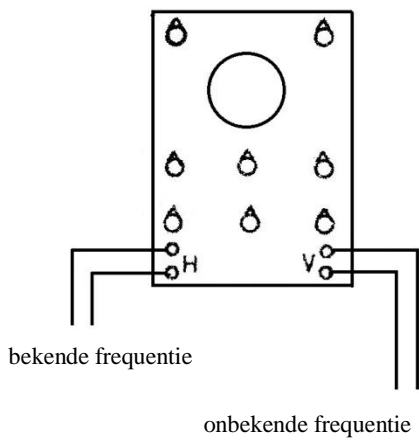


Fig. 24

DETECTIE

Meetopdracht 37.

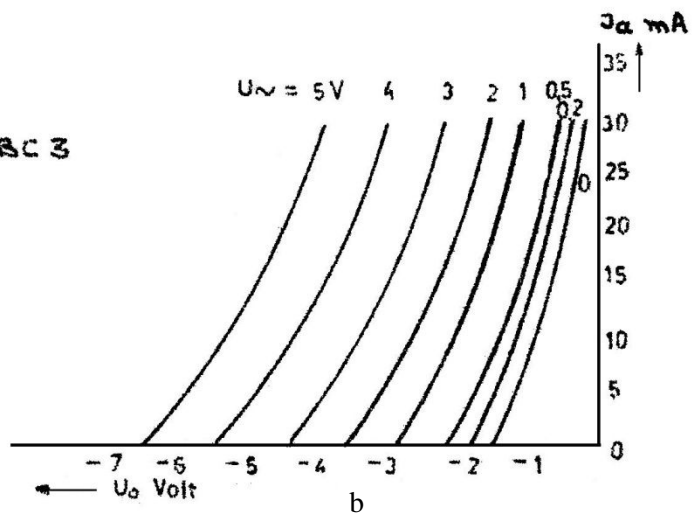
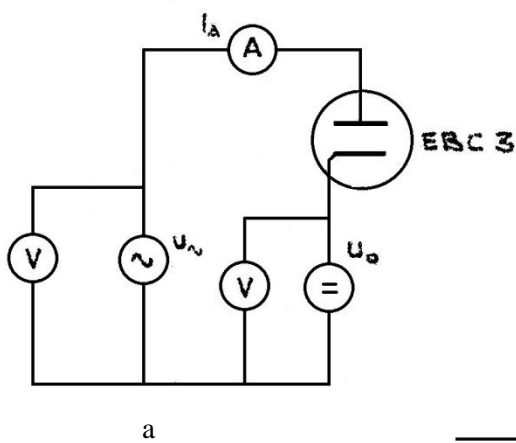


Fig. 25

- M 73. Sluit een diode aan op de serieschakeling van een spanningbron (gelijkspanning) en een wisselspanningsgenerator (fig. 25a) en neem 5 karakteristieken op die het verband leggen tussen de gemiddelde waarde van de stroom bij 5 verschillende waarden van de wisselspanning als functie van de negatieve anodegelijkspanning (fig. 25b). Elke karakteristiek kan dus worden bepaald door de wisselspanning een bepaalde constante waarde te geven; de negatieve anodegelijkspanning te variëren en de optredende anodestroom te bepalen voor iedere waarde van de gelijkspanning. Welke conclusie is aan de grafiek te verbinden? Verklaar waarom deze grafieken van belang zijn bij diodedetectie.
- M 74. Zet een schakeling op voor seriedetectie waarbij het $R.C.$ -filter, bestaat uit $C = 100 \text{ pF}$ en $R = 1 \text{ M}\Omega$. Sluit deze aan op een wisselspanningsbron met een frequentie van 200 kHz en bepaal de wisselspanningsbelastinglijn bij 2 verschillende waarden van R (neem hierbij de draaggolf 3 V of groter). Teken beide grafieken in de karakteristiek van M 73.

Meetopdracht 38.

- M 75. Voer aan een detectiediode met een $R.C.$ -filter, bestaande uit een weerstand van $1 \text{ M}\Omega$ en een condensator van 100 pF , een in amplitude gemoduleerd signaal toe. Maak de spanning over het $R.C.$ -filter zichtbaar. Laat de modulatie diepte toenemen en bepaal de maximale waarde van de modulatie diepte waarbij nog geen waarneembare vervorming optreedt. De modulatie diepte kunt u bepalen met het modulatietrapezium; hiertoe wordt aan een der versterkers van een oscillograaf het in amplitude gemoduleerde signaal toegevoerd en aan de andere versterker de l.f.-modulerende spanning. Op het scherm ontstaat dan het modulatietrapezium (fig. 26).

Nu geldt $\frac{1}{2} a = U_{hf} + U_{lf}$ (1) en $\frac{1}{2} b = U_{hf} - U_{lf}$ (2), $(1) + (2) = \frac{1}{2} a + \frac{1}{2} b = 2U_{hf}$;
 $(1) - (2) = \frac{1}{2} a - \frac{1}{2} b = 2U_{lf}$. Nu is de modulatie diepte: $M = \frac{U_{lf}}{U_{hf}} = \frac{a-b}{a+b} \times 100\%$.

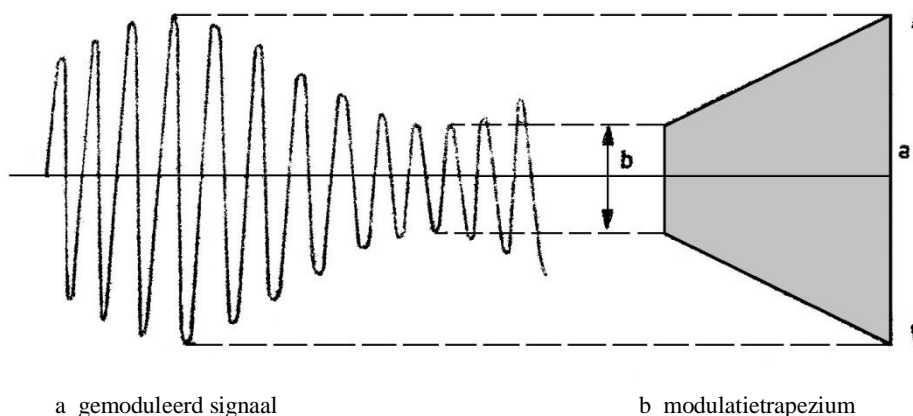


Fig. 26

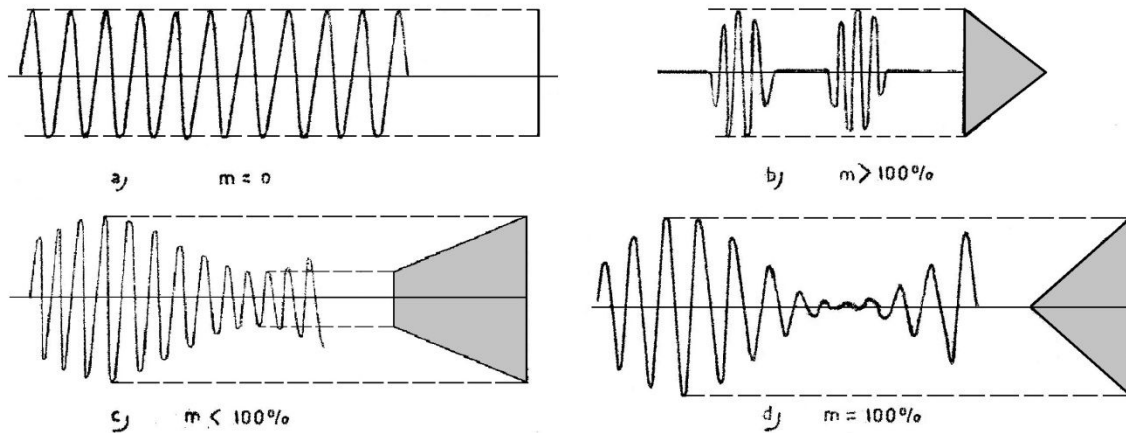


Fig. 27

- M 76. Stel een detectieschakeling samen met een $R.C.$ -filter waarvan $R = 1\text{Mohm}$ en $C = 100\text{pF}$. Bepaal het in R ontwikkelde vermogen en bepaal hieruit de equivalente belastingsweerstand.
- M 77. Sluit op een detectieschakeling een gemoduleerd HF -signaal aan, modulatiefrequentie is 400Hz en maak een schets van het LF -signaal over het detectiefilter indien een filterweerstand wordt gebruikt van $56\text{k}\Omega$, $100\text{k}\Omega$ en $1\text{M}\Omega$.

Meetopdracht 39.

M 78.

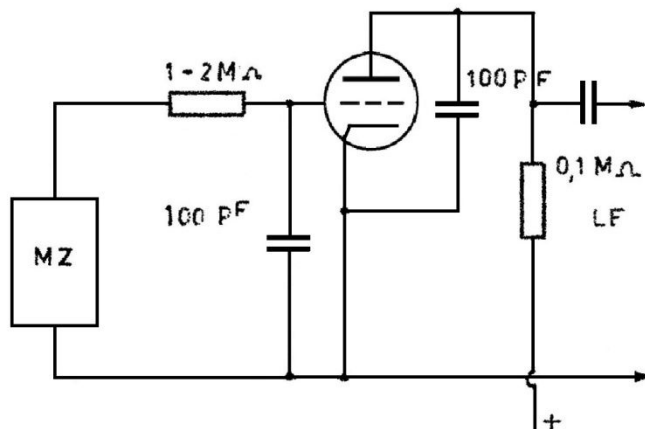


Fig. 28

Sluit op de schakeling een HF -gemoduleerd signaal aan, modulatiefrequentie is 400Hz .
Teken het uitgangssignaal bij draagfrequenties van $0,2\text{MHz}$, $0,5\text{MHz}$, 1MHz en 2MHz .
Teken ook het roostersignaal.
Verklaar ook deze beelden.
Welke functie heeft $C = 100\text{pF}$ van anode naar aarde.

GELIJKRICHTING.

A. Enkelfasige gelijkrichting.

Ga in de volgende metingen in de documentatie van de te gebruiken oscillograaf na of deze een capacitieve ingang heeft. Dit is noodzakelijk om de gelijkspanning te blokkeren en de rimpel te tonen.

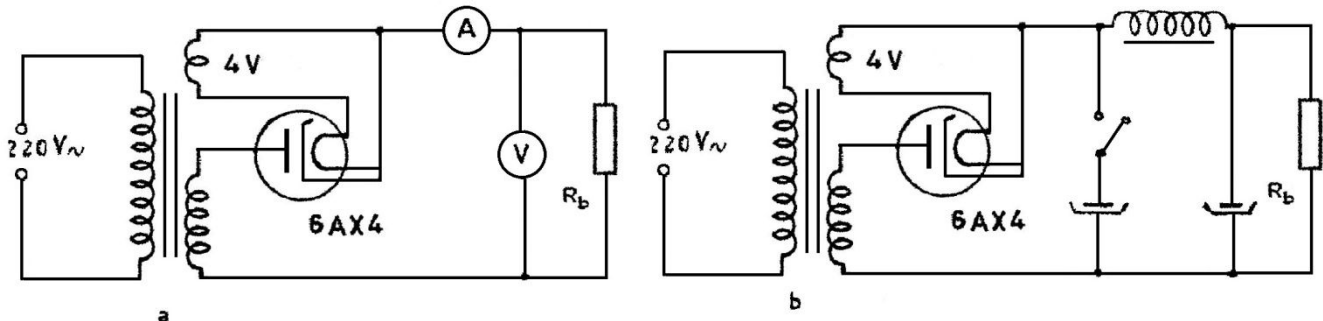


Fig. 29 Enkelfasige gelijkrichting.

Meetopdracht 40.

- M 79. Stel een enkelvoudig p.s.a. samen zonder afvlakfilter (fig. 29a) en neem de grafiek op van de uitgangsspanning als functie van de belastingsweerstand bij waarden gelegen tussen $5\text{ k}\Omega$ en $150\text{ k}\Omega$. Neem door serieschakelingen zoveel mogelijk waarden. Maak de uitgangsspanning zichtbaar op een oscillograaf en teken de gedaante van deze spanning in onbelaste toestand.
- M 80. Herhaal M 79 voor het geval dat een filter met inductieve ingang is aangebracht (fig. 29b). (fig. 29b schakelaar open). Meet de rimpelspanning met een elektronische voltmeter en verklaar de daarop aangewezen waarde. (Neem $R_b = 5\text{ k}\Omega$.)
- M 81. Herhaal meting M 80 indien het totale filter gebruikt wordt.
- M 82. Vergelijk de eigenschappen van een enkelvoudig p.s.a., indien:
- geen afvlakfilter wordt gebruikt.
 - een afvlakfilter met inductieve ingang wordt gebruikt.
 - het hele afvlakfilter wordt gebruikt bij verschillende belastingsweerstand.

B. Dubbelfasige gelijkrichting.

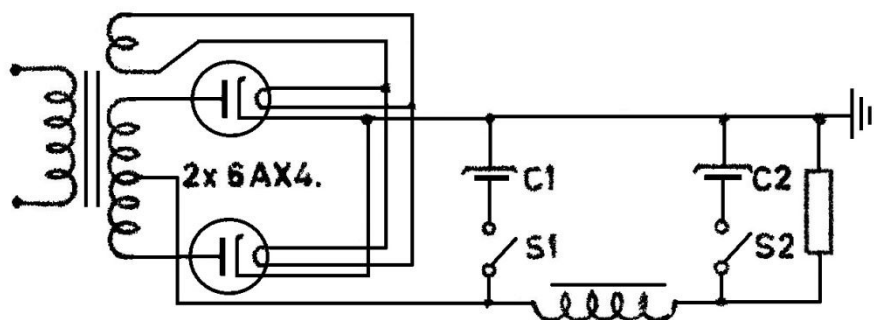


Fig. 30 Dubbelfasige gelijkrichting.

Meetopdracht 41.

- M 83. Zet de schakeling van fig. 30 op en bepaal de grafiek van de uitgangsspanning als functie van de belastingsweerstand R_b bij waarden gelegen tussen $5\text{ k}\Omega$ en $150\text{ k}\Omega$ (neem zoveel mogelijk waarden). Maak de uitgangsspanning op een oscillograaf zichtbaar en verklaar de verschillen met M 79.
- M 84. Herhaal meting M 83 indien een afvlakfilter met inductieve ingang gebruikt wordt. Meet de rimpelspanning over $R_b = 5\text{ k}\Omega$ met een elektronische voltmeter en verklaar de benadering die gemaakt wordt.
- M 85. Herhaal meting M 84 met een compleet afvlakfilter.
- M 86. Bepaal de frequentie van de rimpelspanning van een dubbelfasig p.s.a. met afvlakfilter door deze spanning te vergelijken met een spanning van 50 Hz op een oscillograaf.
- M 87. Geef eveneens een beschouwing van een dubbelfasig p.s.a. voor de meting M 82 genoemde drie gevallen.

Meetopdracht 42.

Het meten van impedanties bij audiofrequenties

In figuur 31a. is de schakeling getekend die voor deze meting kan worden gebruikt en fig. 31b. geeft het vectordiagram voor het geval $R_s = \bar{Z}$. (Z is de onbekende impedantie).

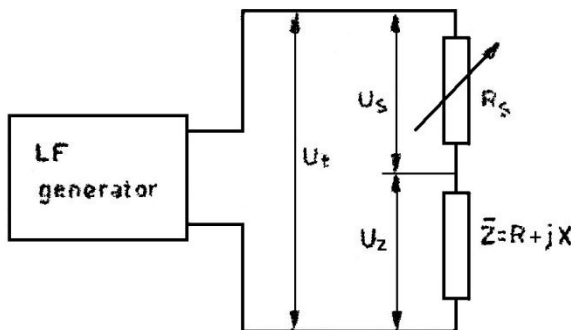


Fig. 31a

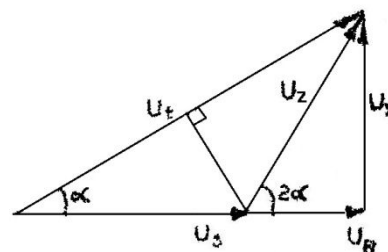


Fig. 31b

De impedantie Z wordt nu bepaald door de weerstand R_s zodanig in te stellen dat $U_s = U_z$. In dat geval vormen U_s , U_z en U_t in het vectordiagram een gelijkbenige driehoek en $\bar{Z} = R_s$ (1). Nu is $R = \bar{Z} \cos 2\alpha$ (2) en $\cos 2\alpha = 2\cos^2 \alpha - 1$ en $\cos \alpha = \frac{U_t}{2U_s}$ zodat: $\cos 2\alpha = 2\left(\frac{U_t}{2U_s}\right)^2 - 1$ (3). Substitutie van (3) in (2) geeft: $R = \bar{Z} = \frac{1}{2}\left(\frac{U_t}{U_s}\right)^2 - 1$ (4) en: $x = Z^2 - R^2$ (5).

Deze formules gelden zowel voor een capacitief- als een inductief circuit.

- M 88. Bepaal de coëfficiënt van de zelfinductie en de capaciteit van enkele spoelen en condensatoren bij verschillende frequenties volgens de hierboven besproken methode. Bepaal eveneens de weerstanden van deze spoelen en condensatoren. Waardoor wordt de nauwkeurigheid van de hierboven beschreven meting voornamelijk bepaald?

- M 89. Bepaal van de spoelen en condensatoren uit M 88 dezelfde grootheden bij dezelfde frequenties met behulp van de drie-voltmetermethode (zie ook M 19). Vergelijk de resultaten van M 88 en M 89 met elkaar. Waardoor kunnen eventuele verschillen worden veroorzaakt?
- M 90. Schakel een weerstand van $50\text{ k}\Omega$ parallel aan een condensator van ca. 1000 pF teneinde een lekke condensator na te bootsen. Bepaal de equivalente serieweerstand en de capaciteit van de condensator bij verschillende frequenties.
- M 91. Bereken met behulp van de bekende capaciteit en parallel-weerstand van M 90 de equivalente serieweerstand bij dezelfde frequenties als in M 90 en vergelijk de resultaten.

Meetopdracht 43.

Balansversterkers.

- M 92. Sluit op de schakeling van meetset E een wisselspanning met een frequentie van 1000 Hz aan. Bepaal de faseverschuiving tussen U_i en U_{ab} en tussen U_i en U_{bc} en eveneens tussen U_{ab} en U_{bc} met behulp van een oscillograaf.

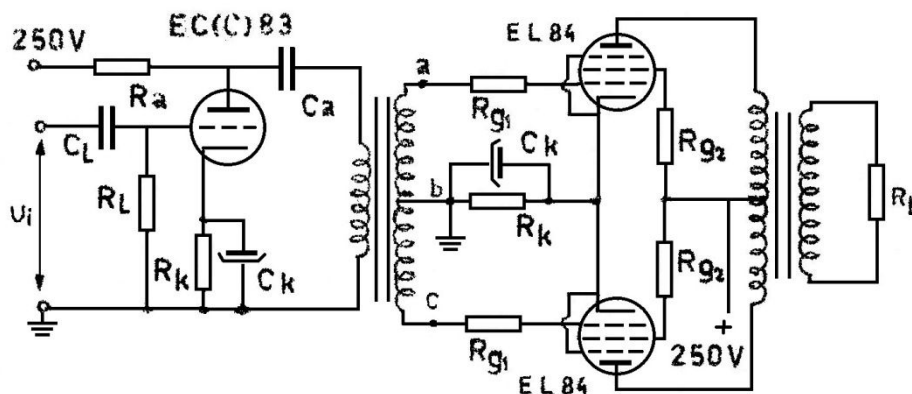


Fig. 32 (meetset E)

- M 93. Gebruik een elektronenschakelaar*² om U_i en U_{ab} (fig. 32) gelijktijdig zichtbaar te maken en varieer de frequentie van hetingangssignaal tussen 20 Hz en 20 kHz . Blijft de faseverschuiving tussen U_i en U_{ab} over dit frequentiegebied constant? Zo niet, wat is dan de laagste en hoogste frequentie waartussen de faseverschuiving constant blijft?
- M 94. Sluit op de schakeling van fig. 32 eeningangssignaal U_i aan met een frequentie van 1000 Hz en een zodanige waarde dat de schakeling maximaal onvervormd vermogen afgeeft. Maak het uitgangssignaal zichtbaar op een k.s.o. Verwijder vervolgens een van de eindbuizen en onderzoek welk effect dit heeft op het afgegeven vermogen en de vorm van het uitgangssignaal. Hoe groot is in beide gevallen het vermogen?

² Hiermee wordt een externe chopper bedoelt; een voorzetapparaat om twee signalen gelijktijdig zichtbaar te maken. De meeste oscillografen zijn hiermee tegenwoordig standaard uitgerust. (FV)

Fasedraaiers.

Meetopdracht 43.

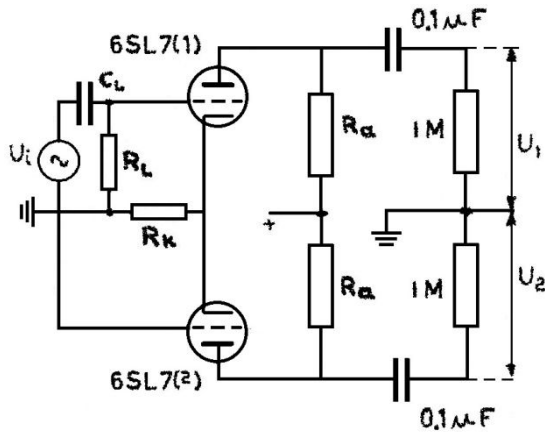


Fig. 33 (meetsset H)

M 95. Neem in de schakeling van fig. 33 voor U_i een signaal met een frequentie van 1000 Hz en bepaal met behulp van een oscillograaf de faseverschuiving tussen U_i en U_1 , tussen U_i en U_2 en tussen U_1 en U_2 .

M 96. Herhaal M 93 voor U_i en U_1 en voor U_1 en U_2 in fig. 33

M 97. a. Neem een karakteristiek op die het verband geeft tussen U_1 en de frequentie (fig. 33).
b. Neem eveneens een karakteristiek op die U_2 als functie van de frequentie geeft (fig. 33).
Neem in beide gevallen U_i even groot en teken beide karakteristieken in een grafiek.
Welke conclusie kunt u nu trekken?

Buisvoltmeters (diode).

De eenvoudigste schakeling voor een buisvoltmeter bevat een diode.

In fig. 34 geeft grafiek a de diodekarakteristiek als de belastingsweerstand nul is; b geeft de karakteristiek bij een gemiddelde waarde van de belastingsweerstand en c de karakteristiek voor een hoge waarde van deze weerstand.

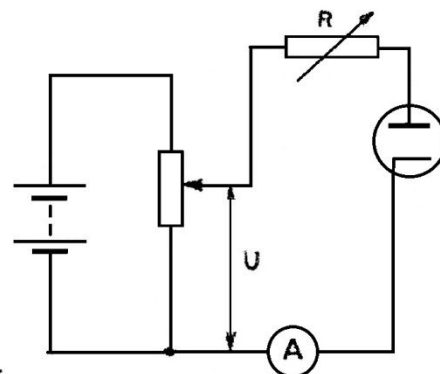
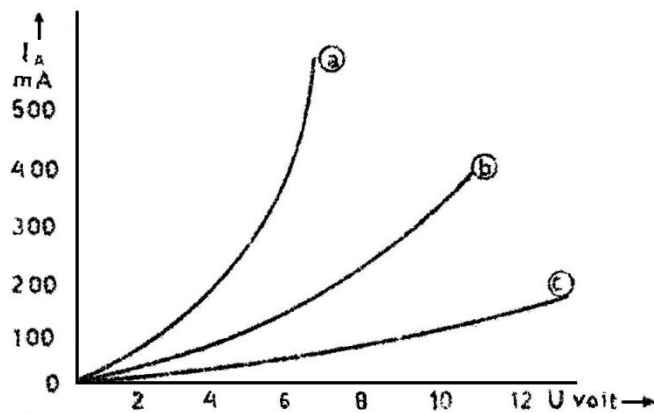


Fig. 34

Hieruit blijkt dat de niet-lineairiteit sterk kan worden verminderd door een serieweerstand van voldoende grote waarde op te nemen.

Fig. 35a geeft hiervoor een bruikbare schakeling.

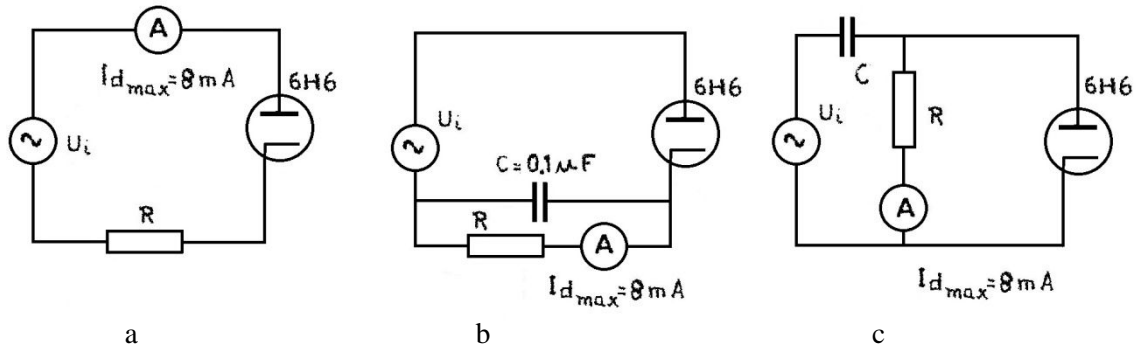


Fig. 35 (meetset I)

Door een condensator met de juiste capaciteit over de belastingsweerstand R te plaatsen, zal de spanning over het filter nagenoeg gelijk zijn aan de topwaarde in plaats van aan de gemiddelde waarde (fig. 35b). De capaciteit van C moet zo groot zijn dan zijn reactantie bij de frequentie van het toe te voeren signaal te verwaarlozen is ten opzichte van de waarde van R .

Fig. 35c geeft een parallel-diodeschakeling. Ook hier wordt de stroom bepaald door de topwaarde van de spanning, aangezien de ontlaadtijd van de condensator C veel groter is dan de periodeduur van de aangesloten wisselspanning.

Neem voor U_i een wisselspanning met een frequentie van 400 Hz en varieer deze spanning van 0 tot circa 10 volt.

Meetopdracht 44.

M 98. Neem een kromme op van de schakeling van fig. 35a (de diodestroom als functie van de aangelegde wisselspanning) voor de volgende drie gevallen:

- $R = 0$
- $R = 50 \text{ k}\Omega$ en
- $R = 150 \text{ k}\Omega$

Teken de drie krommen in een grafiek. Welke invloed heeft de waarde van de belastingsweerstand op de lineairiteit en de gevoeligheid van de schakeling?

M 99. Neem een kromme op van de schakeling van fig. 35b voor $R = 50 \text{ k}\Omega$ en $R = 150 \text{ k}\Omega$ bij een variatie van U_i van 0 tot ca. 10 volt.

M 100. Herhaal M 99 voor de schakeling van fig. 35c bij dezelfde waarden van R en U_i en vergelijk de grafieken van M 99 en M 100 met elkaar.

Buisvoltmeters. (triode)

In fig. 36 is het schema van een eenvoudige buisvoltmeter getekend.

De negatieve roosterspanning wordt zodanig ingesteld dat de anodestroom nul is als er geen signaal op de ingangsklemmen is aangesloten.

Het spreekt vanzelf dat de condensator C_1 niet aanwezig mag zijn in die gevallen waarbij U_i een gelijkspanning is.

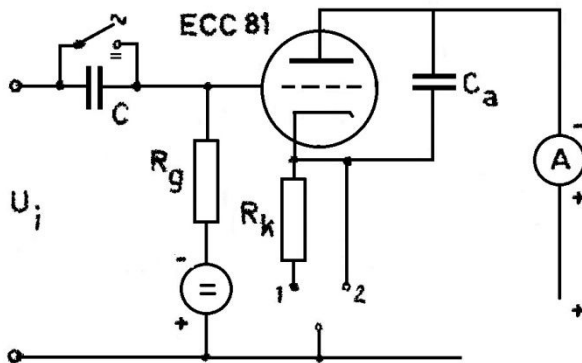


Fig. 36 (meetsset D)

Fig. 37*³

De schakeling kan worden gebruikt als een topspanningsmeter, zodat de topwaarde van de spanning U_i kan worden gemeten. In dit geval wordt de spanning U_r zo ingesteld dat er een zeer kleine anodestroom vloeit indien er geeningangssignaal op de schakeling is aangesloten. Wanneer de spanning U_i is aangesloten wordt de anodestroom weer op dezelfde waarde als boven ingesteld. Het verschil tussen de beide waarden van de negatieve roosterspanning is praktisch gelijk aan de topwaarde van U_i .

Meetopdracht 45.

M 101. Neem een kromme volgens fig. 37 op van de schakeling fig. 36 met punt 2 aan aarde voor het geval U_i een gelijkspanning is. neem $U_b = 90 \text{ Volt}$. Sluit vervolgens een wisselspanning met een frequentie van 400 Hz op de schakeling aan en neem nu ook een kromme op. Geef indien mogelijk in beide gevallen het punt aan waarbij het rooster juist positief wordt.

M 102. Herhaal M 101 (zowel voor gelijk- als voor wisselspanning) bij een voedingsspanning $U_b = 180 \text{ Volt}$.
Vergelijk de meetresultaten van M 101 en M 102.

Meetopdracht 46.

M 103. Neem een weerstand van $5 \text{ k}\Omega$ in serie met de kathode op (punt 1 aan aarde) waardoor tegenkoppeling ontstaat en herhaal M 101.
Heeft de tegenkoppeling invloed op de lineairiteit van de kromme?

M 104. Bepaal met behulp van de schakeling van fig. 36 de topwaarde van een wisselspanning en controleer de uitkomsten door de effectieve waarde van deze wisselspanning eveneens te meten met een bekende meter.
Kan met de schakeling alleen de topwaarde van sinusvormige spanningen worden gemeten of mag deingangsspanning U_i een willekeurige gedaante hebben?
Neem voor de voedingsspanning U_b een waarde van 150 Volt en voor deingangsspanning een signaal met een frequentie van 400 Hz en verricht de meting voor verschillende waarden van hetingangssignaal tussen 1 en $10 V_{eff}$.

*³ De grafiek van fig. 37 is op de originele pagina niet opgenomen. (FV)

Oscillatoren.

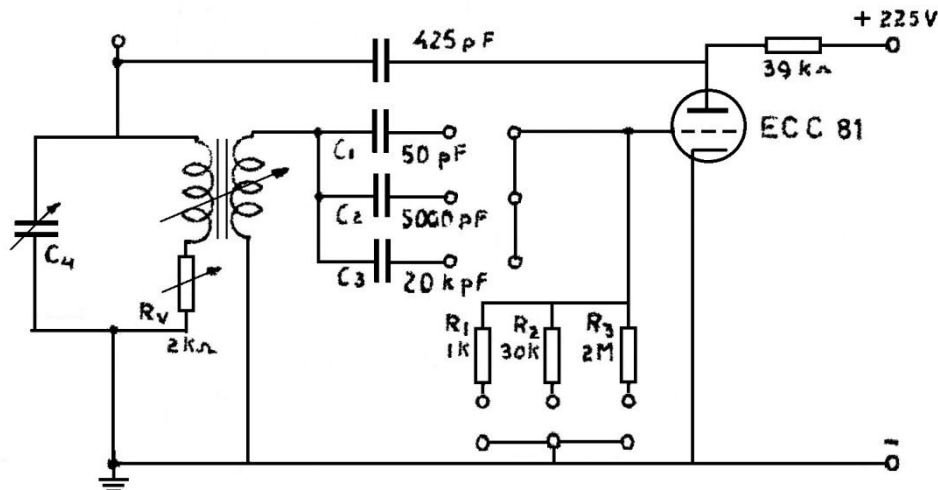


Fig. 38 (meetset F)

De kwaliteit van de kring $L_1 C_4$ kan worden ingesteld door middel van de potentiometer R_v . Voor de meting M 105 tot en met M 108 moet de combinatie $R_2 C_2$ worden gebruikt.

Meetopdracht 47.

- M 105. Bepaal de frequentie van het door de oscillator opgewekte signaal over het gehele frequentiegebied dat door de oscillator wordt bestreken en zet in een grafiek de frequentie uit als functie van de draaiingshoek in graden van de afstemcondensator.
- M 106. Maak het door de oscillator opgewekte signaal zichtbaar op een oscillograaf voor een frequentie in het middengebied van het bereik en varieer de voedingsspanning van 175 tot 275 Volt. Welke invloed heeft deze variatie op de frequentie en de amplitude van het opgewekte signaal?
- M 107. Bepaal de effectieve waarde van de oscillatorspanning als functie van de draaiingshoek van de afstemcondensator en teken hiervan een grafiek bij:
- a. minimumkoppeling en $R_v = 0$
 - b. maximumkoppeling en $R_v = 0$
 - c. maximumkoppeling en $R_v = \text{maximaal}$.
- Vergelijk de drie grafieken met elkaar.

Meetopdracht 48.

- M 108. Verlaag de Q -factor van de schakeling en onderzoek welke invloed dit heeft op de frequentie en de golfvorm van het opgewekte signaal.
- M 109. Schakel bij roostercondensator C_2 achtereenvolgens drie verschillende lekweerstanden van $41 \text{ k}\Omega$, $4,7 \text{ k}\Omega$ en $33 \text{ k}\Omega$ in en meet (bij frequenties in het middengebied, maximale koppeling en minimale verliesweerstand R_v) de anodestroom, roosterstroom en de uitgangsspanning. Verklaar de optredende verschillen.

De R.C.-oscillator

We bespraken reeds eerder een methode om met behulp van een oscillograaf de hoek van faseverschuiving tussen twee signalen te meten.

Afhankelijk van de grootte van de faseverschuiving zal op het scherm een rechte lijn, een ellips of cirkel verschijnen.

Nu is $\sin Q = \frac{OA}{OB}$. (fig. 39.)

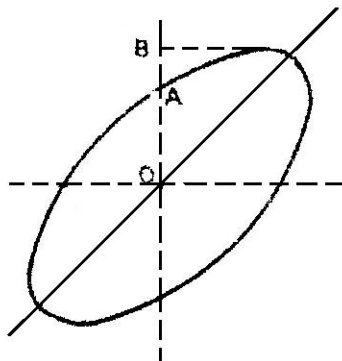


Fig. 39

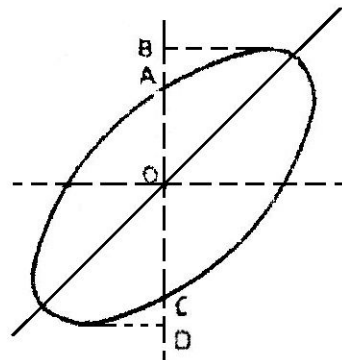


Fig. 40

Soms is het echter nauwkeuriger om niet de lengten OA en OB te meten, maar AC en BD . Dit is bijvoorbeeld het geval als op de oscillograaf geen assenkruis is aangebracht.

In fig. 40 is dan: $\sin Q = \frac{AC}{BD} = \frac{2OA}{2OB} = \frac{OA}{OB}$.

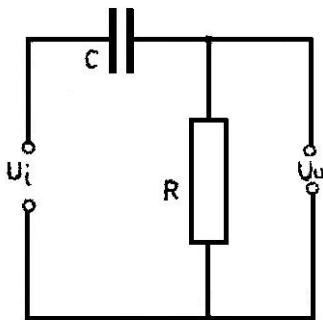


Fig. 41

De afstand BD is het eenvoudigst te meten als alleen het signaal op de verticale versterker is aangesloten, dus het op de horizontale versterker aangesloten signaal even te onderbreken.

In de schakeling van fig. 41 kan de hoek van faseverschuiving worden berekend uit de formule: $\tan \varphi = \frac{1}{2\pi fRC}$. Voor $f = 3000 \text{ Hz}$, $C = 1000 \text{ pF}$ en $R = 50 \text{ k}\Omega$ vinden we:

$$\tan \varphi = \frac{1}{2\pi fRC} = \frac{1}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 10^{-9}} = 1$$

Hieruit volgt: $\varphi = 45^\circ$.

Om een fasedraaiing van 180 te verkrijgen moeten dus vier secties volgens fig. 41 achter elkaar worden geschakeld.

Om echter te voorkomen dat de ene sectie zwaar wordt belast door de volgende sectie worden de opvolgende weerstanden telkens een factor 5 groter genomen.

We krijgen dan de schakeling volgens fig.42.

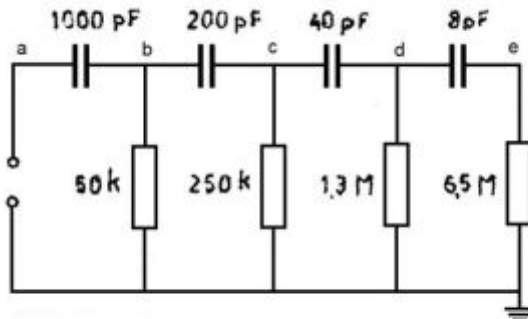
R.T.
P.M.

Nadruk verboden 33



HILVERSUM

Meetopdracht 49.



M 110. Bepaal de frequentie waarbij de faseverschuiving van het totale netwerk volgens fig. 42, 180° bedraagt en bepaal de faseverschuiving tussen het punt a en de punten b, c en d bij deze frequentie.

Fig. 42

Meetopdracht 50.

M 111. Bepaal de frequentie van de schakeling op meetset J. Ga tevens na hoe groot de verzwakking is van iedere RC-sectie. Hoe groot is de versterking van de penthode?

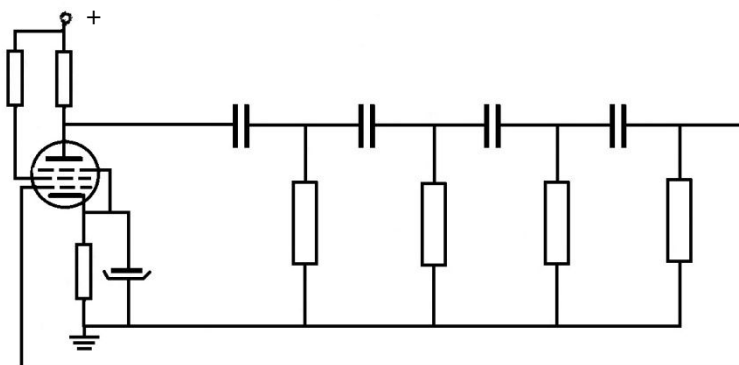


Fig. 43. (meetsset J)

M 112. Onderzoek de invloed van de anodespanningsveranderingen op de gedaante en de frequentie van het opgewekte signaal.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 31A



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Onderwerp 17: Metingen aan A.M.-ontvangers

A Het middenfrequent-gedeelte

M 113. Bepaal van een superheterodyne ontvanger:

- a. de hoogfrequente gevoeligheid op het rooster van de mengbuis.
- b. de middenfrequente gevoeligheid op het rooster van de mengbuis.
- c. de gevoeligheid op het rooster van de middenfrequentbuis.
- d. de middenfrequente gevoeligheid op de detector.
- e. de detectiefactor.
- f. de conversieversterking van de mengtrap.
- g. de versterking van de middenfrequent-trap.

M 114. Bepaal van een superheterodyne ontvanger de totale middenfrequent resonantiekromme.

M 115. Maak de totale middenfrequent resonantiekromme zichtbaar.

M 116. Bepaal bij een ontvanger met vertraagde A,S,R., de A.S.R.-vervorming als functie van de amplitude van het ingangssignaal.

M 117. Bepaal van een superheterodyne ontvanger de $\frac{RW}{RG}$ -vervorming als functie van de modulatie-diepte.

B Het hoogfrequente gedeelte

M 118. Bepaal van de ontvanger zo nauwkeurig mogelijk de golfbanden.

M 119. Bepaal de antenne-opslinging op drie punten van een golfband.

M 120. Bepaal de versterking van een eventueel aanwezige hoogfrequent versterkertrap en onderzoek het gelijklopen van de ingangskring met de uitgangskring daarvan.

M 121. Neem van een superheterodyne ontvanger de paddingkromme op.

M 122. Meet de roosterspanning van de oscillator voor een aantal frequenties in ieder frequentiegebied en zet de gevonden roosterwisselspanning als functie van de bijbehorende frequentie van het ontvangen signaal in een grafiek uit.

M 123. Bepaal de conversie-steilheid van de mengbuis.

M 124. Neem de h.f.-resonantiekromme van een ontvanger op.

C Metingen aan de complete ontvanger

M 125. Bepaal van de ontvanger de gevoeligheid op enkele punten in een golfbereik en vergelijk deze met de gevoeligheid die optreedt in het midden van dit bereik.
Herhaal deze meting voor de andere golfbanden.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 32A

M 126. Neem de resonantiekromme van de gehele ontvanger op en wel voor het L.G.-gebied voor een afstemming aan het begin, een in het midden en een aan het eind van het gebied en voor het M.G.-gebied bovendien voor twee daartussen in gelegen afstemmingen.

Bepaal in al deze gevallen S_9 en B_{10} .

Neem in enkele van bovengenoemde gevallen de resonantiekromme eveneens op bij verschillende standen van de toonregeling en, indien aanwezig, van de bandbreedteregelaar.

M 127. Bepaal de gevoeligheid van de ontvanger voor signalen met de middenfrequentie bij verschillende afstemmingen van de ontvanger en bepaal in al deze gevallen de middenfrequentie-gevoeligheidsverhouding (dat is de verhouding van de gevoeligheid voor signalen met de middenfrequentie en de gevoeligheid voor signalen waarop de ontvanger is afgestemd).

M 128. Bepaal bij verschillende afstemmingen van de ontvanger de gevoeligheid voor signalen met de spiegelfrequentie.

Bepaal in al deze gevallen de spiegelverhouding (de verhouding van de gevoeligheid voor de spiegelfrequentie en die voor de frequentie waarop de ontvanger is afgestemd) en zet deze als functie van de afstemming uit in een grafiek.

M 129. Neem van een ontvanger de kruismodulatiegrafiek op voor 1% kruismodulatie bij verschillende waarden van het gewenste signaal.

M 130. Neem van een ontvanger de grafiek op die de getrouwheid als functie van de frequentie weergeeft bij verschillende standen van de bandbreedte- of toonregelingsschakelaar.

M 131. Een omroepontvanger wordt op een zender afgestemd die met vrij grote sterkte wordt Ontvangen.

Hoe kunt u constateren, indien u geen buisvoltmeter tot uw beschikking hebt, of in het toestel A,S,R.-spanning wordt opgewekt? (Meting ook praktisch uitvoeren.)

N.R.G.-examen Radiomonteur 1955.

M 132. Hoe kunt u constateren, wanneer u geen buisvoltmeter tot uw beschikking hebt, of de oscillator van een ontvanger in het gehele golfbereik een zodanige spanning opwekt, dat de mengbuis minstens 8 Volt krijgt toegevoerd? (meting ook praktisch uitvoeren.)

N.R.G.-examen Radiomonteur 1955.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 33A



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

M 133. Een superheterodyne-ontvanger met een middenfrequentie m.f. (hiervoor de middenfrequentie van het gebruikte toestel nemen) is afgestemd op 1 MHz.

Men wil het gedrag van de ontvanger ten aanzien van valse signalen bepalen. Beantwoord onderstaande vragen.

- a. Welke frequenties zouden de stations hebben, die de ontvanger weergeeft ten gevolge van menging met de tweede harmonische van de oscillator?
- b. Hoe en met welke instrumenten zou u van deze ontvanger de mate van onderdrukking van de onder a genoemde valse signalen kunnen bepalen?
- c. Hoe en met welke instrumenten zou u de onderdrukking kunnen bepalen van signalen van zenders, die hoorbaar blijven ook als men de afstemming van de ontvanger zou veranderen? (Vraag b en c ook praktisch uitvoeren).

N.R.G.-examen Radiotechnicus voorjaar 1957.

Onderwerp 18: Storingsonderzoek bij ontvangers en versterkers. Het gebruik van de Signal-Tracer.

Bij eenvoudige schakelingen, zoals zeer eenvoudige versterkers, kan men in geval van storing gemakkelijk nagaan waar de fout schuilt. Het aantal mogelijkheden voor een defect is hier uiteraard beperkt tot enkele elementen

Geheel anders wordt daarentegen de situatie bij een meer ingewikkeld apparaat waarbij het aantal mogelijkheden in dit opzicht uiteraard door het grote aantal elementen zeer groot is.

Treedt een combinatie van fouten op, dan kan het zeer moeilijk zijn deze te vinden. Soms zijn er duidelijk aanwijsbare kentekenen aanwezig, zoals verkleuring door sluiting of overbelasting, uitlekken van elektrolyt uit een condensator enz.

In de meeste gevallen is echter een reeks van controles met verschillende instrumenten noodzakelijk om de oorzaak van de kwaal op te sporen. Hierbij is het aanhouden van een vast werkschema een eerste vereiste.

Voordat een begin kan worden gemaakt met het zoeken naar een fout moet men meer weten over het karakter hiervan. Om een scherpere omschrijving te krijgen is een z.g. gebruikскеuring noodzakelijk waarbij de voornaamste functies van het apparaat worden gecontroleerd, waarbij echter het apparaat intact blijft, voorzien van achterwand, beschermkappen, bodemplaten enz.

Deze gebruikскеontrolе moet bij voorkeur en voor zover mogelijk in onderstaande volgorde worden genomen.

1. Nagaan of de voedingsspanning juist is, evenals de aansluitingen van antenne, aarde en grammofoon.
2. Op het gehoor beoordelen van de gevoeligheid en de geluidskwaliteit.
3. Instelmogelijkheid van de bedieningsorganen, goede werking en plaatsing in de juiste stand (toon- en sterkteregelaar, bandbreedte-, golflengte-, grammofoon- en netschakelaars) controleren.
4. Werking van afstemindicatie, ruisfilters enz. nagaan.
5. Controles op genereren, ruisen, brommen, kikkeren, trillersstoringen met het apparaat, al dan niet geaard, bij gebruik van lange en van korte antenne. Dit alles bij de verschillende standen van de bedieningsorganen en bij afstemmen op verschillende omroepzenders.

6. Beoordeling van microfonie andere akoestische verschijnselen.
7. Controle op afwezigheid van kraakstoringen, ook bij licht aantikken van de buizen met een klein rubber hamertje of zeer licht stoten van apparaat op de werkbank.

Fouten, ontstaan door verkeerde bedieningsmanipulaties, worden door deze keuring al onmiddellijk achterhaald. Is deze gebruikskeuring onvoldoende, dan zullen er andere controlemaatregelen en metingen moeten volgen.

Als we op bovenstaande wijze een nadere aanduiding van de fout hebben verkregen, dan dient de plaats van de storing afgebakend te worden, waarna een scherpere analyse volgt.

1. Statisch storingzoeken.

De stelling waar deze methode van uitgaat, is, dat een groot deel van de fouten zich openbaart in waarden van spanningen, stroom en weerstanden, afwijkend van die in de normale toestand.

Het te onderzoeken apparaat verkeert hierbij in de rusttoestand (vandaar de naam statisch zoeken), zodat op de antenne- en grammofonaansluiting niets wordt aangesloten.

Aan spanningsmetingen wordt de voorkeur gegeven boven stroommetingen, omdat in het laatste geval vrijwel steeds verbindingen losgesoldeerd of onderbroken moeten worden, wat aanzienlijk meer tijd vergt, terwijl ook de h.f.-impedantie van de aansluitnoeren extra storing kan opleveren door koppeling met voorgaande trappen.

(Eén geval waarbij het meten van de spanning juist bezwaarlijk is, vormt het meten van de oscillator).

Tussen een aantal gemakkelijk te bereiken punten worden volgens het schema nu eerst de spanningen gemeten en vergeleken met de uit ervaring of documentaties bekende waarden en wel in een logische volgorde; te beginnen bij het voedingsgedeelte, vervolgens de eindbuis, enz. (van achteren naar voren).

Hierbij kan men tevens de instelling der buizen controleren. In gevallen waarbij de fout wordt gelokaliseerd door weerstanden tussen verschillende punten te meten, vindt dit eveneens in deze volgorde plaats, doch hierbij moet men, teneinde met enige zekerheid afwijkingen van de normale toestand te kunnen constateren, meestal documentaties van de fabrikant ter vergelijking bij de hand hebben.

Ook bij deze weerstandsmeting is het niet noodzakelijk, verbindingen in het apparaat los te nemen, mits de getallen, die ter vergelijking dienen, ook op dezelfde aansluitpunten zonder lossoldeeren zijn gemeten.

Een bijkomstig voordeel van deze weerstandscontrole (Point to Point Resistance Method), is nog dat het apparaat hierbij niet onder spanning staat.

Voor al deze stroom-, spannings- en weerstandsmetingen is een controle tussen een aantal "sleutel"-punten voldoende om tot een snelle lokalisatie van de storing te komen, doch er zijn fouten die zich alleen openbaren wanneer het apparaat in de normale gebruikstoestand verkeert, dus met aangesloten antenne, grammfoon of microfoon. Dan volgt men de methode die men dynamische storingzoeken noemt.



Praktische Meettechniek

2. Dynamisch storingzoeken.

Bij deze methode worden op alle daarvoor in aanmerking komende sleutelpunten van het apparaat een hoog- of laagfrequent wisselspanning van een meetoscillator of een toongenerator toegevoerd. De gevolgen hiervan worden gecontroleerd met instrumenten, zoals outputmeter, buisvoltmeter, oscillograaf, detectieversterker of soms met speciale instrumenten

De dynamische metingen kunnen voor ruwe afbakening van de fout bij een ontvanger omvatten:

1. controle van de luidspreker met een toongenerator.
2. l.f.-spanning toevoeren aan het rooster van de eindbuis.
3. l.f.-spanning toevoeren aan het rooster van de l.f.-versterkerbuis.
4. m.f.-gemoduleerd signaal toevoeren aan het rooster van de m.f.-buis.
5. m.f.-gemoduleerd signaal toevoeren aan de anode van de mengbuis.
6. m.f.-gemoduleerd signaal toevoeren aan het rooster van de mengbuis met de oscillator in en uit.
7. h.f.-gemoduleerd signaal met verschillende frequenties op het rooster van de mengbuis.
8. h.f.-gemoduleerd signaal met verschillende frequenties op het rooster van de h.f.-buis en de antenneklem.

Heeft men de afbakening van de fout voltooid, dan volgt een verdere analyse waarbij zo nodig onderdelen en buizen uitgewisseld kunnen worden met exemplaren waarvan met zekerheid bekend is dat ze goed zijn, terwijl ook weer een nadere analyse met de statische methode van belang kan zijn.

Eventueel is het noodzakelijk het apparaat opnieuw te trimmen en de schaalwijzer opnieuw in te stellen.

Kraakstoringen vormen een belangrijke categorie van fouten. Het kraaken kan worden gelokaliseerd met of zonder toevoeren van een ongemoduleerd antennesignaal door:

- a. de montageplaat, onderdelen, buizen en bedrading voorzichtig te bekloppen met een rubber hamertje of staafje van goed isolatiemateriaal.
- b. trachten af te bakenen door successievelijk de verschillende trappen buiten werking te stellen, totdat de storing verdwijnt en dan het deel dat de storing veroorzaakt nader te onderzoeken.

Lastige gevallen.

Er zijn storingen die slechts af en toe of onder bepaalde omstandigheden optreden en daardoor moeilijk kunnen worden achterhaald.

Denk bijv. aan een koppelcondensator die slechts een enkele keer gedurende korte tijd onderbroken is tussen bekleedsel en ingestoken elektroden, een sluiting in een van de condensatoren van een m.f.-bandfilter die af en toe kan optreden door uitzetten of krimpen door variaties in temperatuur.

Deze gevallen vereisen een geduldig observeren waarbij somtijds een kunstmatige wijziging in de atmosferische omstandigheden (wat opwarmer, vochtiger omgeving e.d.) het effect in versneld tempo tevoorschijn kan roepen.

De volgorde van de werkzaamheden bij het zoeken en verhelpen van storingen

a Inleiding

Zoals reeds is opgemerkt is het van groot belang een bepaald werkschema aan te houden. Het aantrekkelijke van een vast werkschema is dat men met zeer grote waarschijnlijkheid de fout in vrij korte tijd kan vinden. Het schema is in de eerste plaats bedoeld voor het opsporen van gebruiksfouten, daar bij de technische fouten meestal tamelijk uitgebreide metingen noodzakelijk zijn.

3. Schema voor het storingzoeken.

a Stap 1. Aansluiten en inschakelen.

Het apparaat wordt ingesteld op de juiste voedingsspanning; de bedieningsorganen worden in de goede stand geplaatst; eventuele hulpapparaten zoals grammofoon of luidsprekers worden aangesloten; het toestel wordt verbonden met een goede antenne- en aardaansluiting. Eventuele afschermkappen en achterwand worden nog niet verwijderd.

Direct na het inschakelen dient men te letten op mogelijke sluitingen, kenbaar bijv. aan sterk brommen van de voedingstransformator, brandluchtjes en rookontwikkeling.

Gebeurt er niets van dien aard, dan wordt verder nagegaan of er sprake is van een fout en zo ja, de aard hiervan bepaald en stap 2. In gevallen waarbij het apparaat niet functioneert, kan men vanzelfsprekend deze stap 2 overslaan en direct volgens stap 3 te werk gaan.

b Stap 2. De gebruikskeuring.

Deze omvat de volgende punten:

1. Nagaan of de voedingsbron inderdaad als zodanig bruikbaar is; hierbij letten op onderbrekingen in snoeren, stekers of achterwandcontacten of vuile accuklemmen; zijn + en – niet verwisseld?
2. Het apparaat kritisch beluisteren op de kwaliteit der weergave en de gevoeligheid. Bij een ontvanger moet men dit in ieder frequentiegebied voor het hele gebied nagaan.
3. Functioneren alle bedieningsknoppen? Werkt de bandspreiding? Loopt het afstemmechanisme soepel?
4. Zijn er opvallend grote afwijkingen van de stationsnamenkalibratie? Werkt de afstemindicator?
5. Treedt genereren, brommen, ruisen of instabiliteit op?
6. Komt microfonisch effect voor?
7. Is de gevoeligheid overal in de verschillende gebieden voldoende?
8. Kraakt het apparaat bij licht aantikken van de kast?
9. Indien er zich in het apparaat een platenspeler bevindt, dan de volgende punten controleren:
 - a. afwijking van het juiste toerental.
 - b. oscilleren, indien de weergever op de stilstaande grammofoonplaat staat.
 - c. elektrische of mechanische brom van de motor.
 - d. weigeren van het uitschakelmechanisme.
 - e. slingeren van het plateau.
10. komen er abnormaal veel storingen uit het net of via de antenne binnen?

Vindt men bij de gebruikskeuring afwijkingen, dan kunnen deze nader worden gelokaliseerd in de volgende stap.

c Stap 3. De lokalisatie van een fout tot een bepaald deel van het apparaat.

Figuur 44 geeft een blokschema van een complete ontvanger waarin de belangrijkste sleutelpunten (P_1 tot P_9) zijn aangegeven (met uitzondering van P_1 , P_2 en P_9 zijn hier telkens de roosteraansluitingen van de desbetreffende buizen bedoeld).

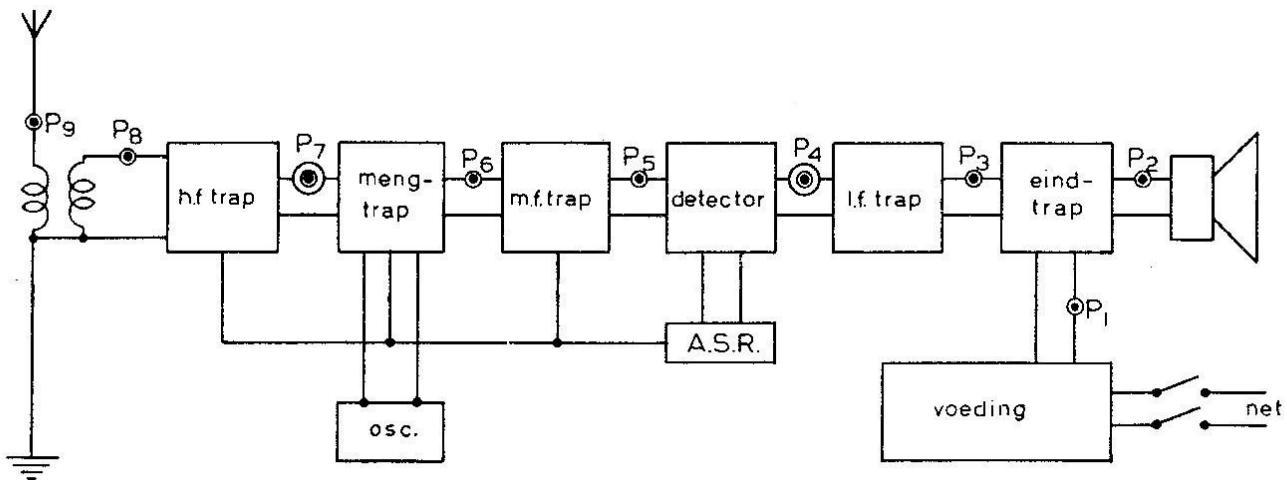


Fig. 44 Blokschema van een complete ontvanger.

We onderscheiden bij stap 3 twee primitieve (a en b) en één dynamische methode c.

a. Zover mogelijk: primitief lokaliseren zonder achterwand of bodemplaat te verwijderen.

1. Sterkteregelaar geheel rechtersom draaien.
2. Aanraken van de grammofoon of microfoonaansluiting doet sterk brommen van de luidspreker ontstaan waaruit men voorlopig mag concluderen dat het l.f.-deel in orde is.
3. Aanraken van de antenne-aansluiting (P_9) met antennendraad of vinger veroorzaakt sterk ruisen en normale ontvangst, indien het deel, gevormd door h.f.-kring, mengbuis en m.f.-buis werkt. Zo niet, dan weet men vrij zeker dat in dat deel een fout schuilt.
4. In het defecte deel de buizen verwisselen.

b. Achterwand, beschermkappen en bodemplaat verwijderen en achtereenvolgens op primitieve wijze proberen of de delen, aangeduid in het blokschema van fig. 44 functioneren, Achtereenvolgens onderzoekt men de punten P_3 , P_4 , P_5 (aanraken met de vinger geeft een bromtoon), P_6 (aanraken met antennendraad levert kraken en ruisen op). P_7 (aanraken met antennendraad levert sterke ruis, ontvangst van diverse stations bij verdraaien van de afstemcondensator en opvallende fluitstoringen), P_8 (vrij normale ontvangst bij aanraken met antennendraad). Bij fouten of niet werken tenslotte nog de buizen verwisselen.

- c. De meeste elegante en afdoende lokalisatie van de fout is de dynamische methode met behulp van instrumenten, zoals meetoscillator, outputmeter, oscillograaf en toongenerator, waarbij we ook een statische controle verrichten op de voeding.

Vanzelfsprekend moet hierbij het apparaat zo goed mogelijk toegankelijk worden gemaakt; des-noods dient de ontvanger uit de kast te worden genomen.

De volgorde van het onderzoek is dan:

1. Controleer met een voltmeter of de voeding in orde is (P_1).
2. In geval van ernstige fouten buizen verwisselen.
3. Een spanning van de toongenerator aan P_2 toevoeren; de luidspreker “doorfluiten”.
4. Een spanning van de toongenerator aan P_3 toevoeren; nagaan of eindtrap werkt; uitgangsvermogen en vervorming controleren.
5. Een spanning van de toongenerator aan P_4 toevoeren; nagaan of de l.f.-trap behoorlijk werkt en de vervorming globaal controleren.
6. Gemoduleerd m.f.-signaal met grote amplitude toevoeren aan P_5 ; nagaan of de detector werkt en of er vervorming optreedt.
7. Gemoduleerd m.f.-signaal toevoeren aan P_6 . Bij normaal functioneren van de m.f.-trap is een kleine spanning reeds voldoende voor normaal uitgangsvermogen. Nagaan of er vervorming optreedt bij grote spanningen.
8. De ontvanger afstemmen op een frequentie zo dicht mogelijk bij de middenfrequentie en een gemoduleerd h.f.-signaal met de frequentie waarop de ontvanger is afgestemd toevoeren aan P_7 . Verstemen van de meetoscillator behoort duidelijk tot uiting te komen in een lager uitgangsvermogen; anders wijst dit op fouten in de mengtrap (bijv. niet oscilleren).
9. Controleren of de oscillator in alle gebieden werkt door meting van de roosterstroom.
10. Gemoduleerd signaal van bijv. 600 kHz toevoeren aan P_8 ; voor eenzelfde uitgangsvermogen behoort de amplitude hiervan lager te zijn dan de waarde voor controle 8 op dezelfde frequentie. Deze proef herhalen op enkele punten van elk gebied.

d Stap 4. Nadere analyse van de fout.

Heeft men volgens een van de methoden a, b en c de fout gelokaliseerd, dan kan men verder de fout in de meeste gevallen nauwkeurig analyseren door het betreffende gedeelte nauwkeurig te onderzoeken.

e Stap 5. Het verhelpen van de fout.

Dit behoeft verder niet veel toelichting; men moet zich overtuigen dat een remplace-onderdeel inderdaad goed is en de reparatie zorgvuldig verrichten.

f Stap 6. Controleren of de fout inderdaad verholpen is.

Hiervoor opnieuw de gebruiksketring volgens stap 2 verrichten. Komen dan weer fouten voor, dan deze een voor een te lijf gaan en zo nodig de stappen 1 t/m 6 herhalen.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 39



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Enkele voorbeelden van reparaties.

Voorbeeld 1. Hiertoe beschouwen we het repareren van een versterker waarvan de gebruiker beweert dat deze niet functioneert.

Stap 1 Aansluiten en inschakelen: geen bijzonderheden.

Stap 2 Gebruikskeuring: geen geluid, ook zelfs geen lichte bromtoon waarneembaar.

Stap 3a Primitief lokaliseren: alle buizen branden; aanraken van grammofoon- en microfoonaansluitingen levert geen resultaat op, de luidspreker geeft daarbij geen enkel geluid.

Stap 3b Achterwand en bodemplaat verwijderen en verder primitief lokaliseren, aanraken van de roosteraansluiting van de eindbuis: geen resultaat. Een voltmeter geeft duidelijk aan dat de anode- en schermroosterspanningen aanwezig zijn,

Stap 3c Met instrument lokaliseren. Toongenerator aansluiten op de luidspreker: in orde; toongenerator aansluiten op de primaire wikkeling van de uitgangstransformator: geen geluid.
Conclusie: defecte uitgangstransformator of de verbinding met de luidspreker niet in orde.

Stap 4 Verdere analyse: controle met een ohmmeter wijst uit dat er in de secundaire wikkeling een onderbreking moet zijn; bij nauwkeurige inspectie blijkt de emaille draad vlak bij de soldeerplaats op de transformator koker geknikt te zijn en daardoor afgebroken.

Stap 5 Reparatie: voorzichtig blank maken en opnieuw solderen van de draad.

Stap 6 Controle: de versterker is weer geheel in orde.

Voorbeeld 2. Van een versterker luidt de klacht: “Weergave niet in orde”

Stap 1 Aansluiten en inschakelen: geen opmerkingen.

Stap 2 Gebruikskeuring: geluid is vervormd, zowel bij gebruik van de platenspeler als van de microfoon; er is een lichte bromtoon hoorbaar.

Stap 3a Primitief lokaliseren: alle buizen branden; aanraken van de bereikbare sleutelpunten geeft een normale reactie.

Stap 3b Achterwand en bodemplaat verwijderen en verder primitief lokaliseren; geen overbelaste onderdelen of bedradingsfouten te zien; reactie op alle sleutelpunten na uitwisseling van buizen levert geen verbetering.

Stap 3c Met instrument lokaliseren. De luidspreker doorfluiten levert normaal resultaat; aansluiten van de toongenerator op de roosteraansluiting van de eindbuis eveneens. Bij het toevoeren van een laagfrequent signaal aan het rooster van de l.f.-versterkerbuis is er aanzienlijke vervorming te horen. De conclusie is dat de fout dus tussen het rooster van de l.f.-buis en dat van de eindbuis moet schuilen.

Stap 4 Verder lokaliseren. Bij meting van de spanningen blijken de anode- en schermroosterspanningen erg laag te zijn; de anodestroom van de eindbuis is veel te hoog.
Het vermoeden is dus gerechtvaardigd dat de roosterkoppelcondensator lek is. We solderen deze los; nu zijn de anodespanning enz. normaal; de lichte bromtoon is verdwenen en het vermoeden was dus juist.

Stap 5 Reparatie: verwisselen van de defecte condensator tegen een betrouwbaar exemplaar.

Stap 6 Controle: de versterker blijkt weer in orde.

Voorbeeld 3

Een ontvanger produceert volgens de gebruiker een schor geluid.

Stap 1 Aansluiten en inschakelen: geen opmerkingen.

Stap 2 Gebruikskeuring: het geluid is bij sterke zenders wel en bij zwakke zenders niet vervormd. De afstemindicator werkt slechts bij afstemmen op zwakke zenders; bij sterke zenders blijft de uitslag tijdens het afstemmen maximaal. Verder kraakt de toonregelaar en zijn er aanzienlijke afwijkingen van de stationsnamenkalibratie.

Stap 3a Primitief lokaliseren: geen resultaat.

Stap 3b Achterwand enz. verwijderen en verder primitief lokaliseren: geen resultaat. Buizen uitwisselen, levert niets op. Het vermoeden ligt voor de hand, dat er wel eens in het A.S.R.-circuit iets mis kan zijn.

Stap 3c Lokaliseren met instrumenten: bij een controle van het l.f.-deel blijkt de potentiometer voor de toonregeling defect te zijn; de ermee in serie staande papiercondensator is echter in orde. Voordat we verder gaan zoeken wordt deze potentiometer vervangen door een nieuw exemplaar; even controleren of het nu goed is en verder gaan met de lokalisatie van de fout. Toevoeren van een m.f.-signaal aan P_5 en P_6 (fig. 44) levert niets bijzonders op; toevoeren van een h.f.-signaal aan p_7 en P_8 levert bij grote amplitude van dit signaal sterke vervorming op. De uitslag van de afstemindicator neemt bij kleine amplitude snel toe en is verder maximaal bij grote amplitude. Dus ook een zeer duidelijke aanwijzing voor een fout in het A.S.R.-circuit.

Stap 4 Bij uitwisselen van de kritische onderdelen in dit circuit blijkt dat de ontkoppelweerstand van de A.S.R.-diode defect is; bij controle op een ohm-meter blijkt deze onderbroken te zijn.

Stap 5 Reparatie: vervangen van de defecte weerstand door een goed exemplaar.

Stap 6 Controle: hierbij blijkt dat de opmerking over de stationsnamenkalibratie door de reparateur is vergeten. Dit is kennelijk een kwestie van verstemming in het oscillatorcircuit en na overtrimmen van de oscillatorkring en de h.f.-kring is ook deze fout verholpen.

De signaal-tracer

Bij het opsporen van fouten wenst men in veel gevallen te weten of tussen twee punten een spanning aanwezig is (gelijkspanning, l.f.-, m.f., of h.f.-wisselspanning), zonder dat het nodig is de grootte van deze spanning nauwkeurig te kennen en zonder dat het nodig is verbindingen los te solderen.

In dergelijke gevallen kan men met voordeel gebruik maken van de detectorversterker of signaal-tracer. Bovendien wordt de signaaltracer gebruikt bij een methode om fouten op te sporen (methode "signal-tracing") die het grote voordeel heeft dat met een minimum aan instrumenten in vele gevallen in zeer korte tijd kan worden vastgesteld op welke plaats in de schakeling de storing zich bevindt.

Hierbij wordt een gemoduleerd h.f.-signaal aan de antenne-ingang van het toestel aangesloten (of een l.f.-signaal aan de grammofoon- of microfooningang van een versterker) en wordt met de signal-tracer dit signaal door het gehele apparaat gevolgd van antenneklem tot aan de luidspreker.

R.T.
P.M.

Praktische Meettechniek

Nadruk verboden 41



HILVERSUM

Voor het aantonen van h.f.- en m.f.-gemoduleerde signalen is het apparaat voorzien van een detector waarna de modulatie aan de ingang van een l.f.-versterker wordt toegevoerd. L.f.-signalen worden rechtstreeks op de ingang van deze versterker aangesloten.

Op de uitgang van de versterker is een luidspreker aangesloten en, in de meeste gevallen, een elektronenstraal indicator. Hierdoor kunnen gelijkspanningen in hoogohmige circuits onbelast worden aangetoond en globaal gemeten (A.V.R.!).

Bovendien is het apparaat voorzien van twee uitgangsklemmen waarop een voltmeter of oscillograaf kan worden aangesloten.

Fig. 45 geeft het vereenvoudigde schema en fig. 46 het vooraanzicht van het apparaat.

De diode is ondergebracht in een meetkop. Op deze wijze zijn geen lange leidingen nodig van het te onderzoeken punt naar een of ander meetinstrument, zodat verstemming van kringen, ongewenste koppelingen of dempingen worden voorkomen.

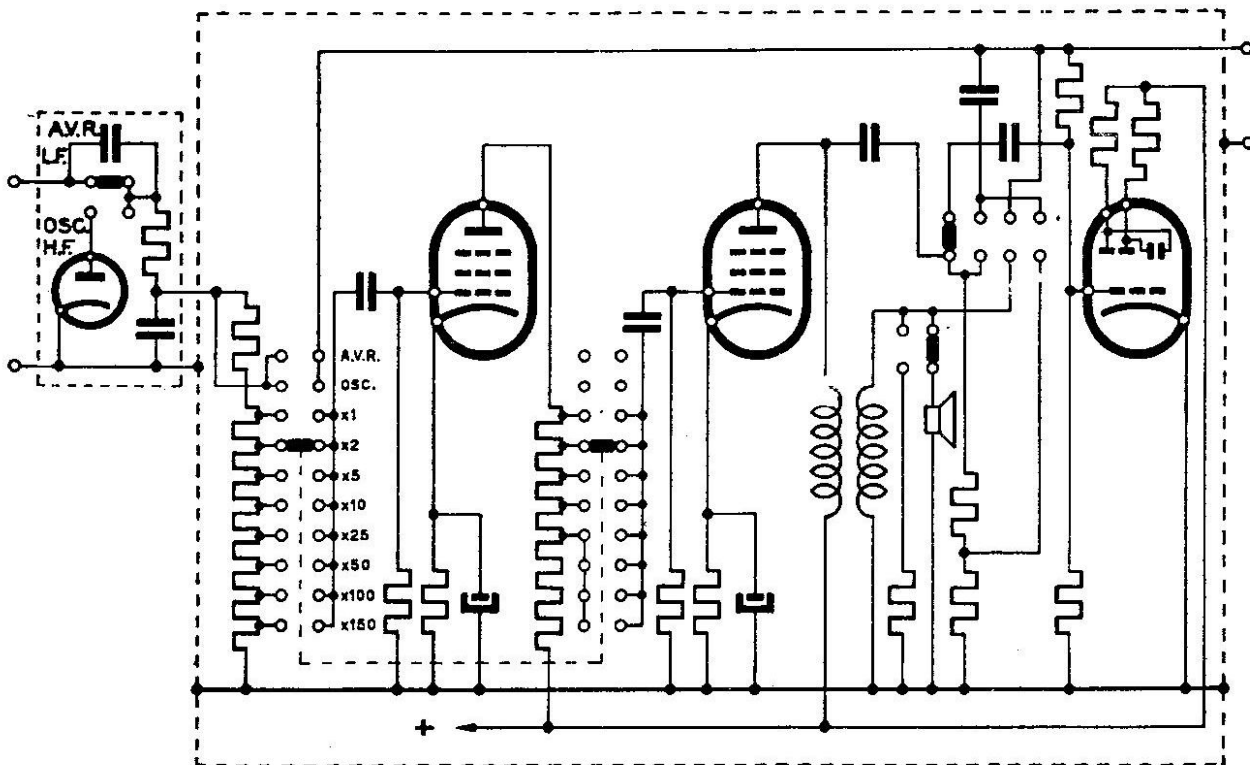


Fig. 45

Moeten l.f.-spanningen of gelijkspanningen worden gemeten, dan wordt in de meetkop de diode uitgeschakeld.

De luidspreker kan worden uitgeschakeld, dan doet alleen de elektronenstraalindicator dienst, of een aan de uitgangsklemmen aangesloten voltmeter. Er zijn twee verzwakkers aangebracht. Bij de eerste twee standen van de hiervoor dienende schakelaar werkt de versterker niet, doch wordt het van de meetkop afkomstige signaal direct aan het indicatie-instrument toegevoerd.

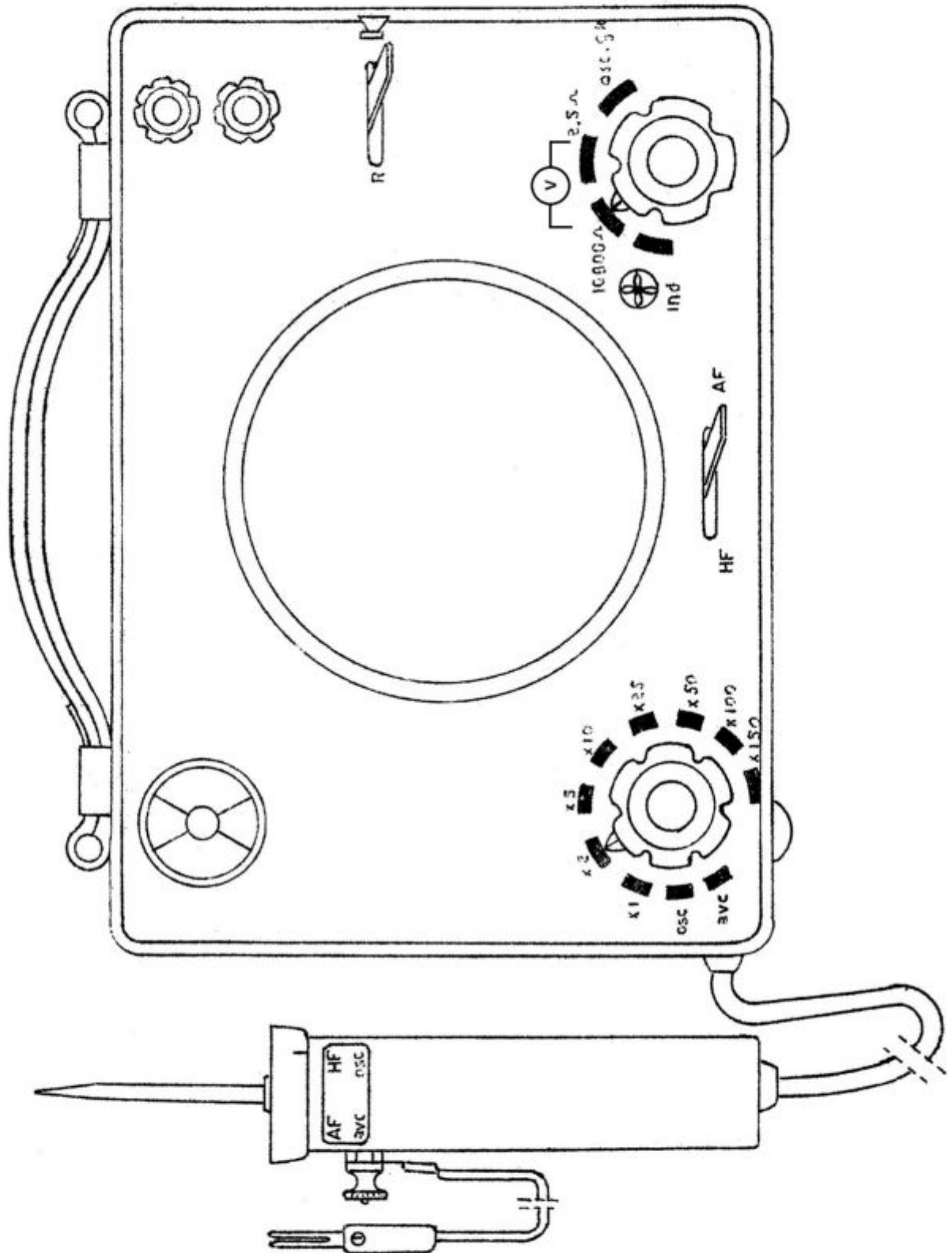


Fig. 46 Signal-tracer

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 43



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Technische gegevens

De maximaal toelaatbare ingangsspanning is 250 V gelijkspanning met hoogstens 100 V wisselspanning erop gesuperponeerd. Wisselspanningen kunnen worden gemeten met frequenties tot 100 MHz. De ingangscapaciteit is kleiner dan 10 pF. De ingangsweerstand bedraagt, met de schakelaar in de stand "A.V.R." en open uitgangsklemmen ongeveer 12 MΩ; in de stand "L.F." meer dan 1 MΩ; in de stand "H.F." bij 1,5 MHz: 0,2 MΩ.

De gevoeligheid is als volgt:

Bij een h.f.-signaal van ca. 100 mV, dat 30% is gemoduleerd met 400 Hz Geeft de elektronenstraalindicator volle uitslag, een h.f.-signaal van 15 mV geeft nog een duidelijk zichtbare uitslag.

Een l.f.-signaal van 100 mV, 400 Hz, geeft volle uitslag; een l.f.-signaal van 15 mV geeft nog een duidelijk zichtbare uitslag. In de stand "Osc" is een h.f.-spanning nodig van ca. 18 V voor volle uitslag, terwijl 1 V nog een duidelijk zichtbare uitslag geeft. In de stand "A.V.R." is een gelijkspanning van 18 V nodig voor volle uitslag en geeft 1 V nog een duidelijk zichtbare uitslag.

Met de schakelaar rechts in fig. 46 kan het uitgangscircuit worden omgeschakeld. In de meest linkse stand zijn de verbindingen zoals in fig. 45 aangegeven. De impedantie tussen de uitgangsklemmen is dan groter dan 1,5 MΩ. Deze stand wordt gebruikt bij toepassing van de elektronenstraalindicator in het apparaat.

In de volgende stand ("10.000 Ω") kan een hoogohmige voltmeter op de uitgangsklemmen worden aangesloten. De uitgangsimpedantie bedraagt ca. 10.000 Ω.

In de derde stand ("2,5 Ω") is de uitgangsimpedantie ongeveer 2,5 Ω en kan een laagohmige voltmeter op de uitgangsklemmen worden aangesloten. In de stand "Osc.GR" bedraagt de uitgangsimpedantie ca. 15.000 Ω en kan een oscillograaf op de uitgangsklemmen worden aangesloten.

De ingangsverzwakker (linker schakelaar in fig. 46 heeft 8 standen nl:

× 1, × 2, × 5, × 10, × 25, × 50, × 100 en × 150. Deze waarden gelden (bij volle uitslag van de elektronenstraalindicator) voor een h.f.-spanning van 400 Hz.

Deze schakelaar heeft nog twee extra standen, nl. voor het meten van de oscillatorspanning en van gelijkspanning (A.V.C.).

Onderwerp 19: Netwerktheorema's

A De superpositiewet.

Wanneer in een keten twee of meer spanningen tegelijkertijd werkzaam zijn, is de superpositiewet zeer gemakkelijk bij het oplossen van problemen in dit netwerk.

De superpositiewet luidt als volgt: werken in een lineair netwerk enige spanningen, dan is op ieder ogenblik de stroom in iedere tak gelijk aan de som der stromen, die zouden vloeien wanneer ieder der spanningen afzonderlijk werkzaam was.

Bij het optellen moeten de fasen van de stromen in rekening worden gebracht.

Deze wet geldt alleen voor lineaire netwerken.

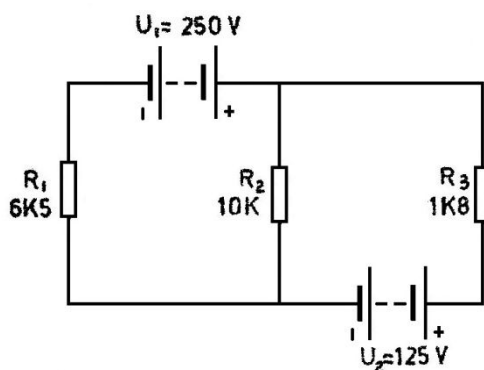


Fig. 47

U_2 worden veroorzaakt. Verwijder vervolgens de spanningsbron U_2 en meet de door spanningsbron U_1 veroorzaakte stromen. Tel de stromen op en controleer de juistheid van de superpositiewet door de verkregen resultaten met die van meting M 134 te vergelijken. De inwendige weerstanden van de spanningsbronnen moeten klein zijn.

B De reciprositeitswet.

Deze wet luidt als volgt: werkt op een punt x in een netwerk een spanning U , die op een punt y een stroom I veroorzaakt, dan zal deze spanning U , werkende op punt y , dezelfde stroom in punt x ten gevolge hebben. Hierbij moet de inwendige weerstand van de spanningsbron en van de stroommeter te verwaarlozen zijn te opzichte van de impedanties van het netwerk. Ook deze wet geldt alleen voor lineaire netwerken

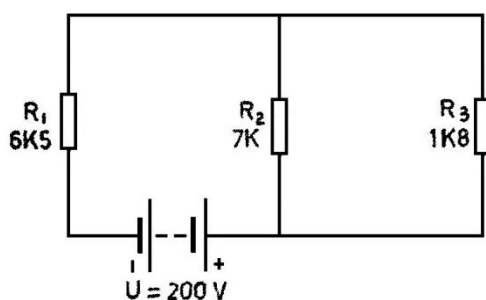


Fig. 48

M 134. Zet de schakeling van fig. 47 op en meet alle spanningen over de weerstanden en alle stromen alsmede hun richtingen.

M 135. Controleer de resultaten met behulp van de wetten van Kirchhoff.

M 136. Verwijder de spanningsbron U_1 en sluit de verbindingen die met deze spanningsbron verbonden waren kort. Meet nu de drie stromen die door de spanning

M 137. a. Zet de schakeling van fig.48 op en meet alle spanningen en stromen.

b. Neem de spanningsbron U nu in serie met R_3 op. Meet alle stromen. Vergelijk deze stromen met die van geval a.

M 138. Herhaal meting M 137, doch nu met de spanningsbron U in serie met R_2 nadat deze spanningsbron eerst in serie met de weerstand R_1 was geschakeld.

Praktische Meettechniek

C De stelling van Thevenin.

Deze stelling zegt, dat men een netwerk, waarin spanningsbronnen voorkomen, vervangen kan denken door een spanning U in serie met een impedantie Z_i waar een impedantie Z_u op is aangesloten. Hierbij is dan de spanning U gelijk aan de spanning die aan de open klemmen van het netwerk wordt gemeten en de impedantie Z_i gelijk aan de uitgangsimpedantie, gemeten tussen de klemmen $a - b$ van het netwerk. (fig. 49).

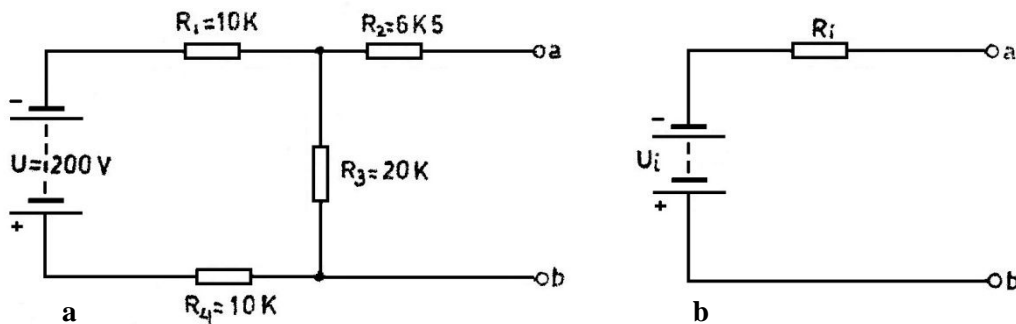


Fig. 49

M 139. Zet de schakeling van fig. 49a op en meet de spanning tussen open klemmen a en b en de kortsluitstroom tussen deze klemmen.

M 140. Bepaal de weerstand tussen de klemmen a en b indien de inwendige spanning nul is. Verwijder daartoe de spanningsbron U en verbind R_1 met R_4 . De inwendige weerstand van de spanningsbron moet te verwaarlozen zijn.

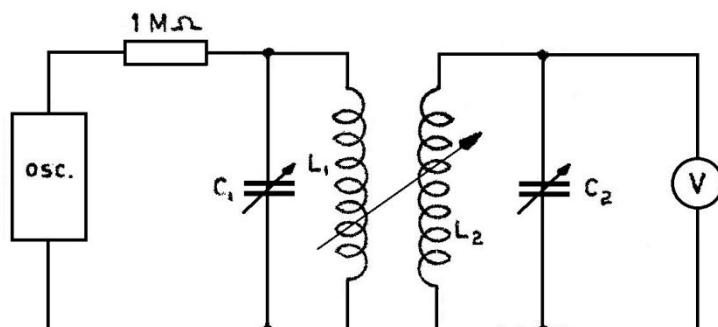
M 141. Breng nu een belastingsweerstand $R_b = 18 k\Omega$ aan tussen de uitgangsklemmen a en b en meet de spanning over- en de stroom door deze weerstand.

M 142. Bereken met behulp van de in meting M 140 verkregen resultaten de waarde van U_i en R_i en zet de vervangingsschakeling van fig. 49b op. Belast deze schakeling met dezelfde belastingsweerstand R_b van meting M 141 en meet de stroom door- en de spanning over deze weerstand.

M 143. Vergelijk de resultaten van meting M141 en M 142.

Onderwerp 20: Gekoppelde kringen

M 144.



Zet de schakeling van fig. 50 op met de met deze schakeling bereikbare minimum koppeling tussen L_1 en L_2 en stel C_1 en C_2 zodanig in dat maximum secundaire spanning wordt verkregen bij de werkfrequentie.

Fig. 50

$$\begin{aligned} L_1 &= L_2 \\ C_1 &= C_2 \end{aligned}$$

M 145. Meet de secundaire spanning voor het geval van meting M 144 bij een constante waarde van hetingangssignaal en constante mate van koppeling en teken de grafiek van deze spanning als functie van de frequentie.

M 146. Stel de koppeling tussen L_1 en L_2 in op de kritische waarde. Dit kan worden geconstateerd door de oscillator op de resonantiefrequentie in te stellen en de koppeling te vergroten totdat de secundaire spanning maximaal is bij een gegeven toegevoerd signaal. Herhaal vervolgens meting M 145 voor kritische koppeling.

M147. Meet de zelfinductie van iedere spoel en de coëfficiënt van wederzijdse inductie M bij kritische koppeling en bepaal de koppelfactor $K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$. De coëfficiënt van wederzijdse inductie M kan als volgt worden gemeten:

- a. Meet de totale zelfinductie van L_1 en L_2 in serie (fig. 51a), deze is:
 $L_1 + L_2 + 2M$ (1)
 Verwissel de aansluitingen van een van beide spoelen (fig. 51b); in dit geval is de totale zelfinductie $L_1 + L_2 - 2M$ (2).
 Het verschil van (1) en (2) geeft $4M$. Hiermee is M bekend.
- b. De generator stuurt een stroom i_1 in de eerste spoel. Deze wisselstroom wordt gemeten met een gevoelige buisvoltmeter, geshunt door een weerstand (fig. 52). De spanning over de tweede spoel wordt eveneens met een buisvoltmeter gemeten. Deze secundaire spanning is: $U_2 = i_1 j \omega M$ en $|U_2| = |i_1| \omega M$. U_2 .
 i_1 en ω zijn bekend en dus kan M worden berekend.

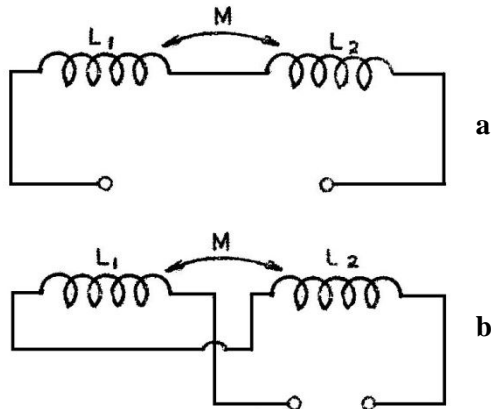


Fig. 51

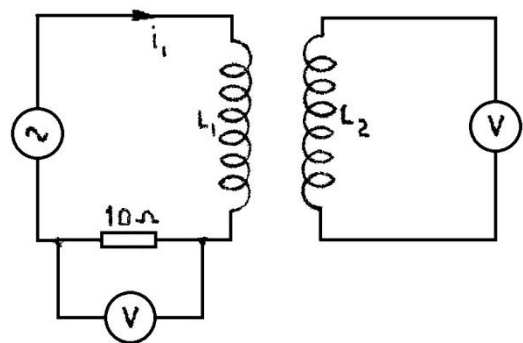


Fig. 52

M 148. Herhaal meting M 145 en M147 voor overkritische koppeling.

Bereken de frequenties $f_1 = \frac{f_{res}}{\sqrt{1+K}}$ en $f_2 = \frac{f_{res}}{\sqrt{1-K}}$

en vergelijk deze met de frequentie waarbij maximum output optreedt.

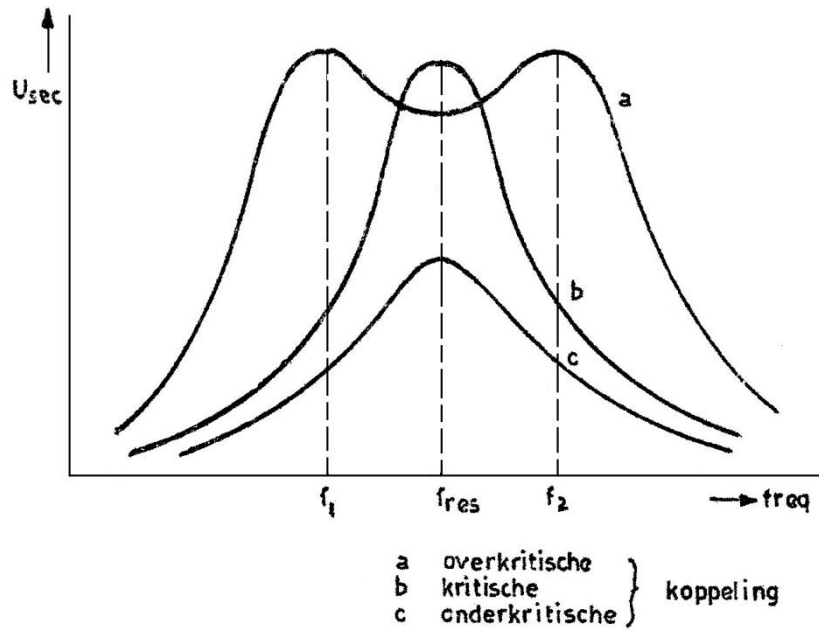


Fig. 53 a. overkritische koppeling
b. kritische koppeling
c. onderkritische koppeling

Onderwerp 21: Transistoren I

Bij de volgende metingen wordt de schakeling van fig. 54 gebruikt, waarmee met behulp van kortsluitstekers de benodigde meetopstellingen kunnen worden samengesteld.

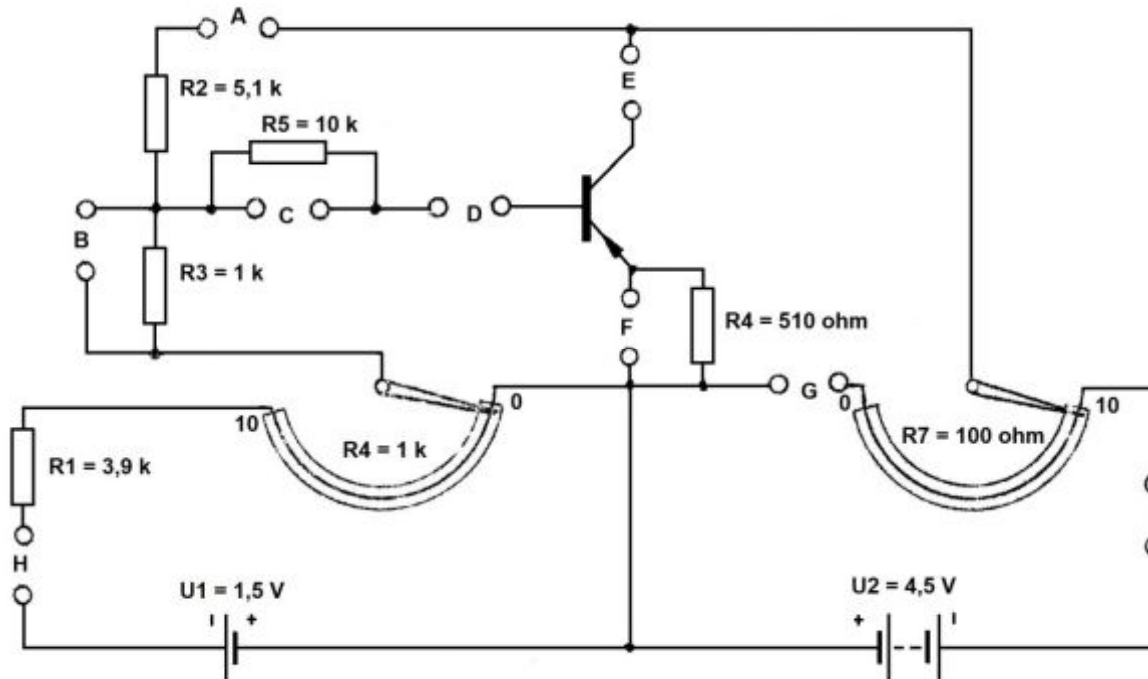


Fig. 54

Met deze stekers kunnen de punten A tot en met I worden doorverbonden. De potentiometers R_4 en R_7 zijn van een schaalverdeling voorzien waarvan in fig. 54 alleen de begin- en eindstand (resp. 0 en 10) zijn aangegeven.

Belangrijk: De looper van potentiometer R_4 moet aan het begin van iedere meting in de stand 0 staan, terwijl de looper van R_7 in de stand 10 moet staan. Dit is absoluut noodzakelijk voor een goed verloop van de metingen.

Potentiometer R_7 mag slechts dan uit stand 10 worden gebracht wanneer de punten G zijn doorverbonden.

Op de punten A tot en met I kunnen eveneens stroom- en spanningsmeters worden aangesloten. Ten einde het samenstellen van de meetschakelingen te vergemakkelijken worden hierbij schakelschema's gegeven. Hierin wordt aangegeven welke punten moeten worden doorverbonden en tussen welke punten een meetinstrument moet worden aangesloten. Zo behoort bij schakelschema van fig. 55 de meetschakeling van fig. 56.

Stel met behulp van het schakelschema van fig. 57 de meetschakeling van fig. 58 samen. De looper van R_7 staat in stand 10. Stel R_4 zo in dat de collectorstroom ongeveer $0,7 \text{ mA}$ bedraagt. De basis heeft nu een negatieve spanning te opzichte van de emitter. Open nu de schakelaar H (door de betreffende kortsluitsteker weg te nemen). De collectorstroom zal nu praktisch nul worden. Hieruit volgt dat voor een noemenswaardige collectorstroom tussen basis en emitter een negatieve spanning moet staan, waarbij de emitter positief ten opzichte van de basis is (bij P-N-P-transistoren).

R.T.
P.M.

Praktische Meettechniek

Nadruk verboden 49



HILVERSUM

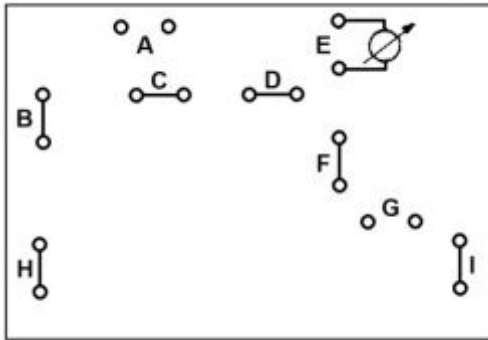


Fig. 55

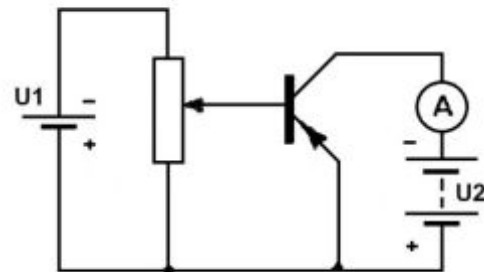


Fig. 56

M 149.

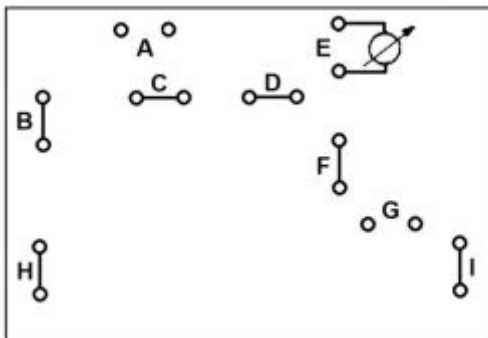


Fig. 57

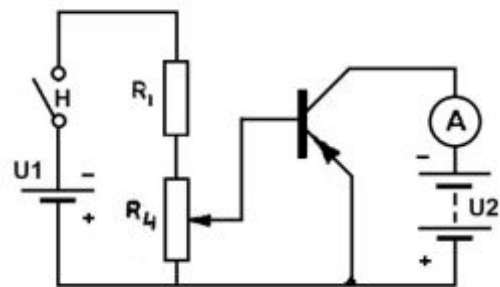


Fig. 58

M 150.

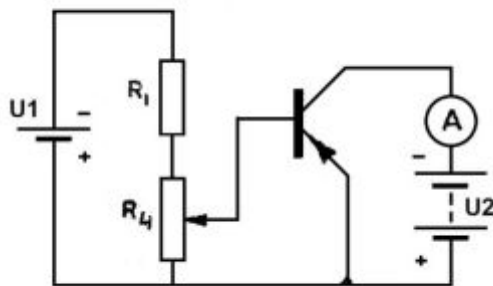


Fig. 59

Verbind de punten *H* weer door; de collectorstroom moet nu weer ca. $0,7 \text{ mA}$ zijn.
Verwijder vervolgens kortsluitsteker *F* (fig. 59). R_7 in stand 10.
Ook nu zal de collectorstroom afnemen, doch minder dan in het geval van meting M 149 bij geopende schakelaar *H*.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 50

M 151.

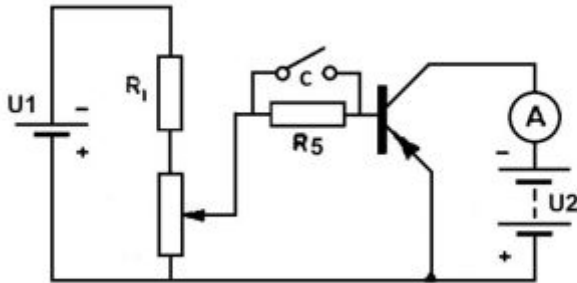


Fig. 60

Verbind de punten *F* door en zorg dat de collectorstroom weer $0,7\text{ mA}$ is. Open nu de punten *C* (fig. 60).

R_7 in stand 10. Ook nu zal de collectorstroom afnemen, doch minder dan in het geval van meting M 149 en M 150. Geef hiervoor een verklaring. Kunt u met behulp van deze meting aantonen dat er een basisstroom moet lopen?

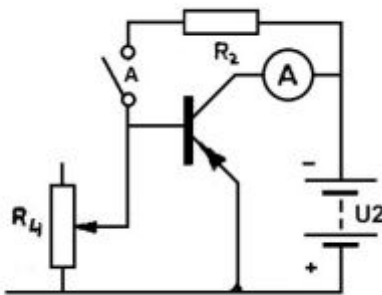


Fig. 61

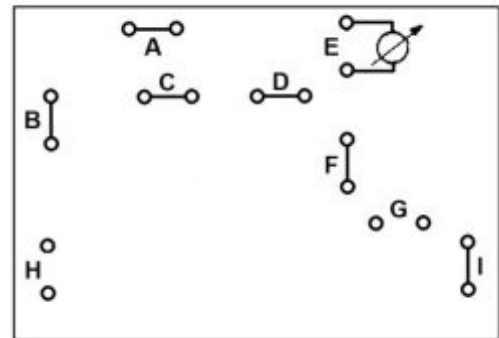


Fig. 62

M 152. In de voorgaande metingen werden twee batterijen gebruikt. We zullen nu van 1 batterij gebruik maken door voor de basisspanning een gedeelte van de collectorspanning te nemen (fig. 61 volgens het schakelschema van fig.62). Zet eerst R_4 op nul. Met R_7 in stand 10 stellen we de collectorstroom weer in op ca. $0,7\text{ mA}$ met behulp van R_4 . Open vervolgens schakelaar *A*. Welke invloed heeft dit op de collectorstroom en wat is hiervan de oorzaak?

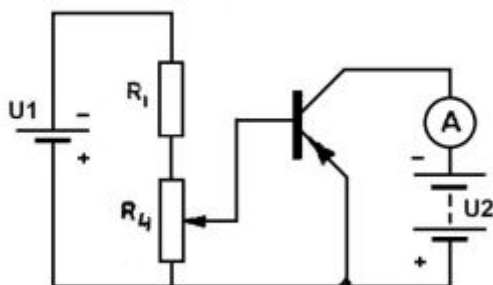


Fig. 63

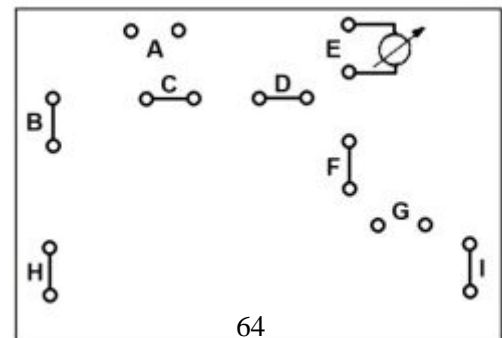


Fig. 64

R.T.
P.M.

Praktische Meettechniek

Nadruk verboden 51



HILVERSUM

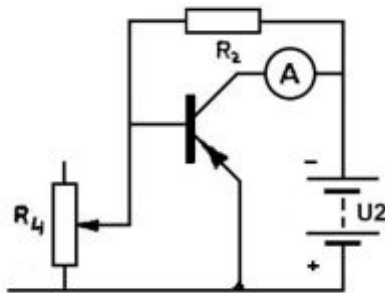


Fig. 65

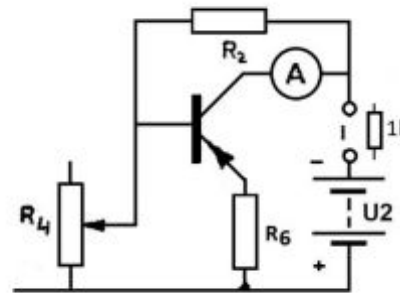


Fig. 66

M 153. Zet de schakeling op van fig. 63 met behulp van het schakelschema van fig.64. R_7 in stand 10. Verdraai nu potentiometer R_4 , uitgaande van de stand 0. Nu blijkt dat de collectorstroom toeneemt naarmate de negatieve basisspanning groter wordt. Het is dus mogelijk de collectorstroom te sturen met de spanning tussen basis en emitter. Open nu de klemmen H ; plaats R_4 in de stand 0 en sluit de klemmen A . Nu ontstaat schakeling 65. In plaats van door een afzonderlijke batterij wordt de basis-emitterspanning nu door de spanningsdeler R_2, R_4 geleverd. Varieer de basis-emitterspanning weer met R_4 en bestudeer de invloed hiervan op de collectorstroom.

M 154. De werking van de emitterweerstand. Open de klemmen F , uitgaande van schakeling 65, waardoor de schakeling van fig. 66 ontstaat, als de klemmen I nog doorverbonden zijn. Nu zal de collectorstroom bij verandering van R_4 in geringere mate veranderen als in meting M 153 het geval was. Controleer dit. R_6 maakt nu deel uit van het collector-emittercircuit waardoor de procentuele verandering van de totale weerstand afneemt. Dit is echter niet de werkelijke reden van de verminderde invloed van de basis-emitterspanning. Plaatsen we nl. tussen de klemmen I een weerstand van $1\text{ k}\Omega$, dan zal dit praktisch geen invloed op de collectorstroom hebben, ofschoon deze weerstand groter is dan R_6 . Wat is nu volgens u de reden dat door de emitterweerstand de invloed van de basis-emitterspanning op de collectorstroom wordt verminderd?

M 155.

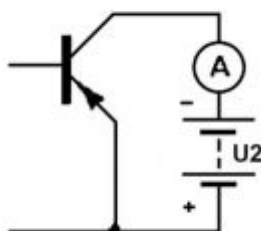


Fig. 67

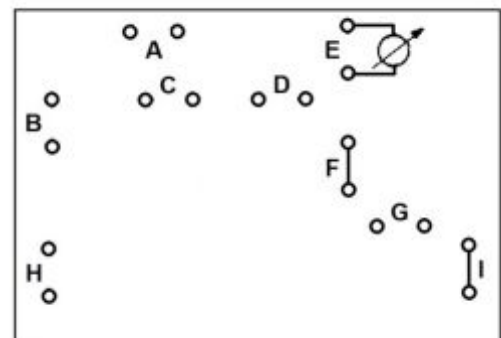


Fig. 68

De invloed van de temperatuur op I'_{co} . (I'_{co} is de collectorlekstroom als de basisstroom nul is). Zet de schakeling van fig. 67 op met behulp van het schakelschema van fig. 68. Op de meter kan nu I'_{co} worden afgelezen. Wordt de transistor nu verwarmd (door deze bijv. met de vingers vast te houden), dan zal deze I'_{co} stijgen. Neem een grafiek op van de collectorstroom als functie van de tijd bij verwarming van de transistor. Neem eveneens een grafiek op van de collectorstroom als functie van de tijd bij afkoeling van de transistor.

Wat is het verschil tussen beide grafieken en kunt u hiervoor een verklaring geven?

M 156.

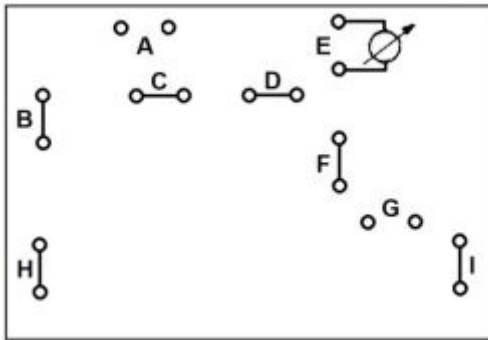


Fig. 69

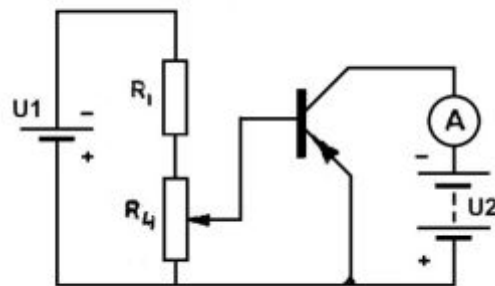


Fig. 70

Stel met behulp van het schakelschema van fig. 69 de meetschakeling van fig. 70 samen. Stel met behulp van R_4 de collectorstroom in op ca. 1 mA bij normale omgevingstemperatuur. Bestudeer de invloed van verwarming en afkoeling van de transistor op de collectorstroom bij constante voedingsspanningen. Bestudeer eveneens de invloed van de eigenverwarming van de transistor op de collectorstroom vanaf het moment van inschakelen tot enige tijd daarna.

M 157.

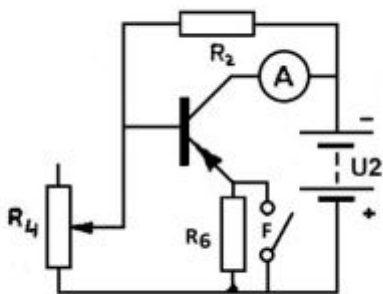


Fig. 71

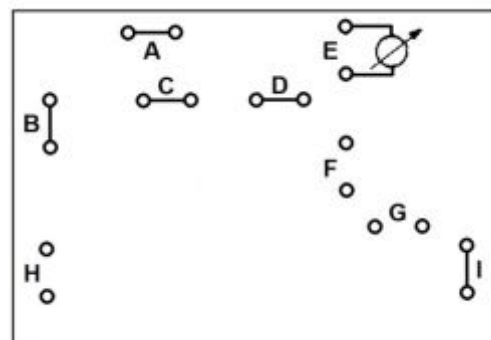


Fig. 72

Om de collectorstroom te stabiliseren voor temperatuurveranderingen kan de schakeling van fig. 71 worden gebruikt, met het schakelschema van fig. 72.

- a. Stel bij gesloten klemmen F de collectorstroom in op ca. $0,5\text{ mA}$ bij normale omgevingstemperatuur. Verwarm de transistor gedurende een bepaalde tijd (1 min) en bepaal de hierbij optredende collectorstroom.

Praktische Meettechniek

- b. Herhaal dit, na afkoeling van de transistor, met open klemmen *F* waarbij door middel van R_6 gelijkstroomtegenkoppeling optreedt (om bij de omgevingstemperatuur dezelfde collectorstroom te krijgen als in geval a zal de basis-emitterspanning een weinig moeten worden verhoogd).
- c. Een tweede stabilisatiemethode is de gelijkspanningstegenkoppeling (fig.73 met het schakelschema van fig. 74). Bepaal ook nu de toename van de collectorstroom indien de transistor gedurende dezelfde tijd als in de gevallen a en b wordt verwarmd.

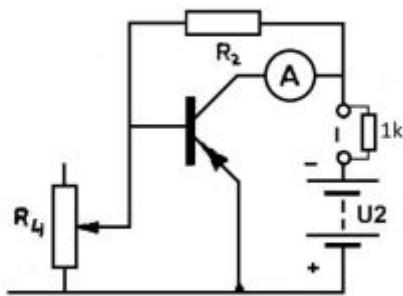


Fig. 73

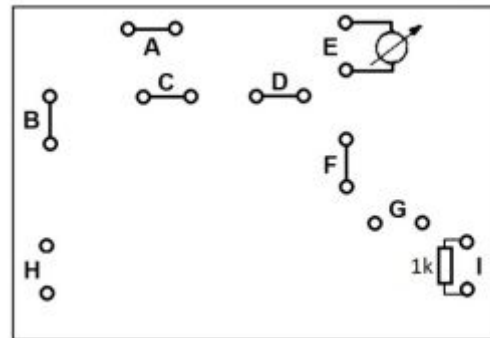


Fig. 74

- d. Tenslotte kunnen we de schakelingen van fig. 71 en 73 combineren (fig. 75 met het schakelschema van fig. 76). Bepaal ook nu bij een verwarming van de transistor gedurende dezelfde tijd als in de gevallen a, b en c de toename van de collectorstroom.

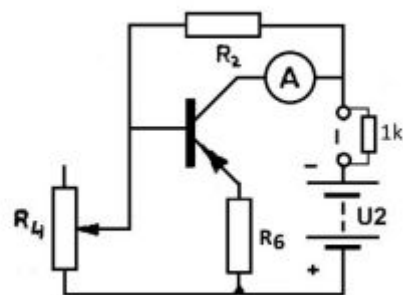


Fig. 75

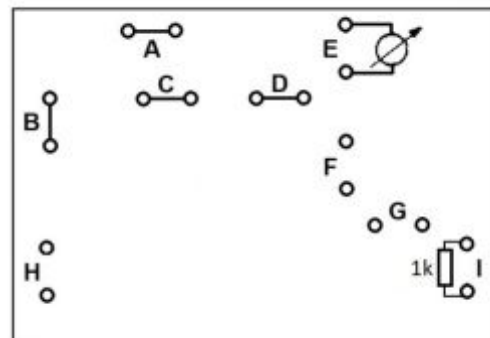


Fig. 76

- e. Vergelijk de meetresultaten van de gevallen a, b, c en d met elkaar.

De transistorkarakteristieken voor de emitterschakeling

M 158. Neem van een transistor de karakteristiek op die het verband geeft tussen de collectorstroom I_c en de basis-emitterspanning U_{be} bij constante collectorspanning U_{ce} (de stuurkarakteristiek). Gebruik hiervoor de schakeling van fig. 77 (schakelschema fig. 78). De collector-emitterspanning is dan 4,5 Volt. Neem deze karakteristiek eveneens op bij een lage waarde van U_{ce} , bijv. 0,5 Volt. Daartoe moeten de klemmen *G* worden doorverbonden en kan deze waarde van U_{ce} met R_7 worden ingesteld. Voor het meten van U_{be} moet een zeer gevoelige

gelijkspanningsbuisvoltmeter worden gebruikt (bijv. Philips type GM 6010).

M 159. Bepaal uit de karakteristieken van meting M 158 de steilheid van de transistor voor twee verschillende waarden van de collectorstroom. Deze steilheid is de verandering in mA van de collectorstroom bij een variatie van 1 Volt van de basis-emitterspanning.

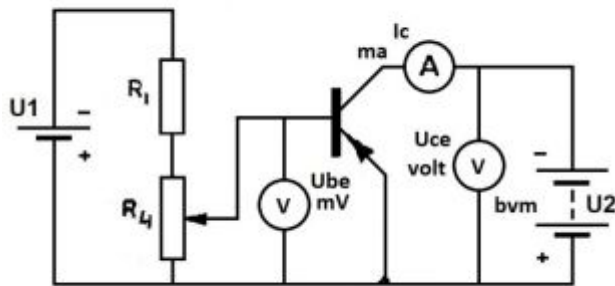


Fig. 77

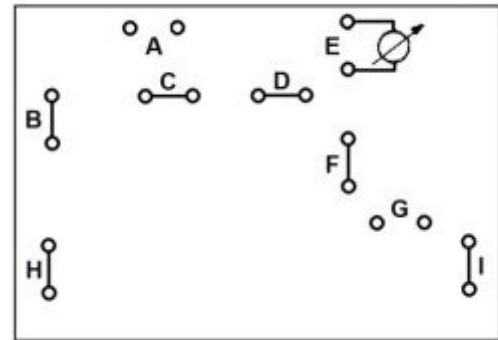


Fig. 78

M160. Neem een karakteristiek op, die het verband geeft tussen de collectorstroom en de collector-emitterspanning bij een constante waarde van de basis-emitterspanning. Gebruik hiervoor de schakeling van fig. 79 met het schakelschema van fig. 80. Herhaal deze meting voor een aantal verschillende waarden van de basis-emitterspanning.

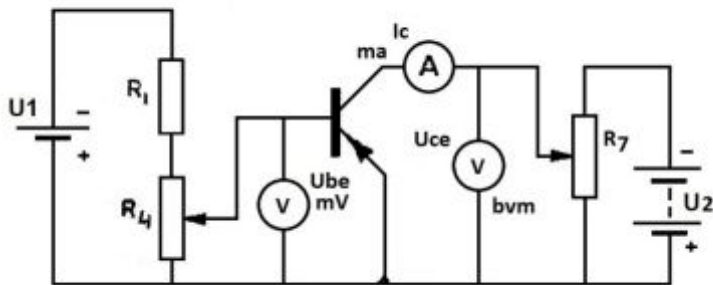


Fig. 79

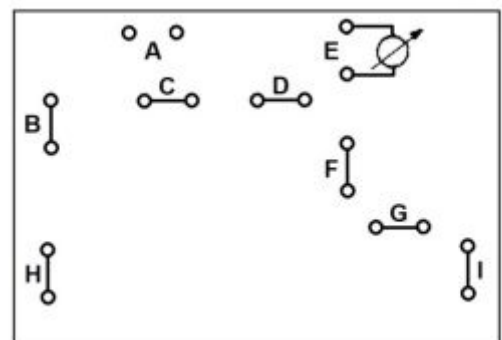


Fig. 80

M 161. Neem met behulp van de schakeling van fig. 81 en het schakelschema van fig. 82 de karakteristiek op, die het verband geeft tussen de collectorstroom en de collector-emitterspanning bij constante basisstroom. Herhaal deze meting voor een aantal verschillende waarden van de basisstroom.

M 162. De stroomversterkingsfactor voor de emitterschakeling is $\alpha' = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$.

Om α' te meten kan de schakeling van fig. 81 met het schakelschema van fig. 82 worden gebruikt. Bepaal α' bij verschillende waarden van de collectorstroom. We vinden een

nauwkeuriger waarde voor α' als we de formule $\alpha' = \frac{\Delta I_c - I_{c'0}}{\Delta I_b}$ gebruiken.

In meting M 155 is aangegeven hoe $I_{c'0}$ kan worden gemeten.

R.T.
P.M.

Praktische Meettechniek

Nadruk verboden 55



HILVERSUM

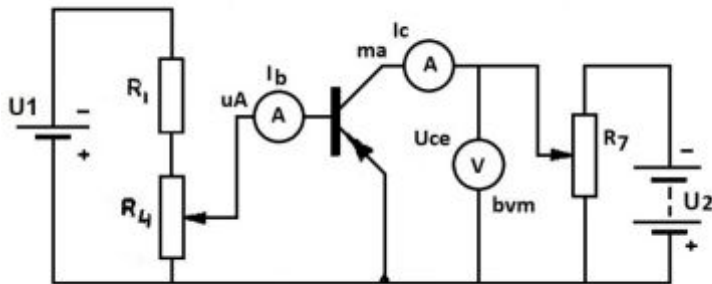


Fig. 81

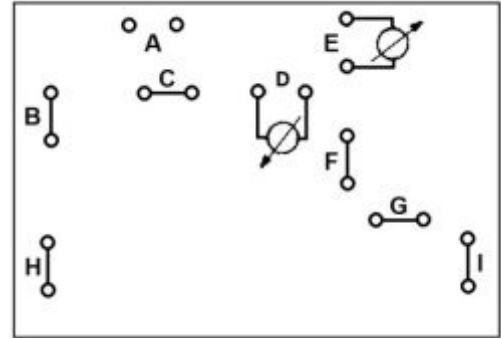


Fig. 82

M 163. Neem de ingangskarakteristiek op (de basisstroom als functie van de basis-emitterspanning bij constante collectorspanning) bij een collectorspanning van 4,5 Volt. Gebruik hiervoor de schakeling van fig 83 met het schakelschema van fig. 84.

Bepaal de gelijkstroomingangsweerstand $R_i = \frac{U_{BE}}{I_b}$ ($U_{CE} = \text{constant}$). Neem deze karakteristiek eveneens op bij open collector (open klemmen E).

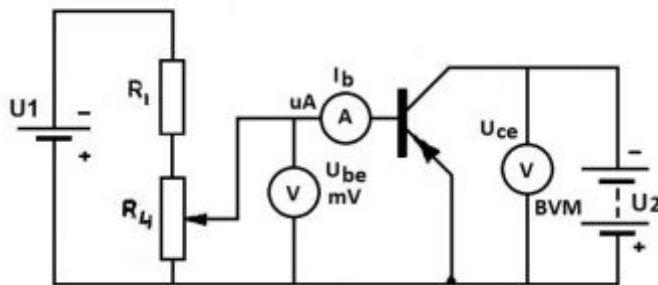


Fig. 83

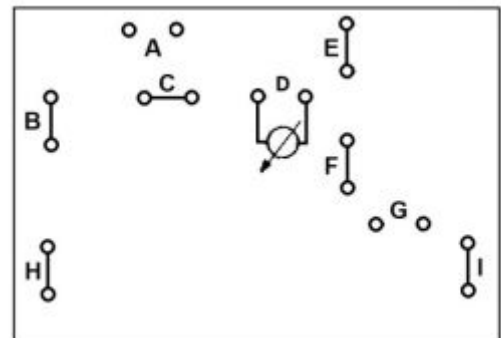


Fig. 84

M 164. Neem de karakteristiek op die het verband geeft tussen de collectorstroom en de basisstroom bij een constante collectorspanning van 4,5 Volt. (Meetopstelling van fig. 81 en schakelschema van fig. 82).

Neem deze karakteristiek eveneens op bij een collectorspanning van ca. 1 Volt. Bestaat er enig verschil tussen beide karakteristieken?

M 165. Neem met behulp van de schakeling van fig. 83 en het schakelschema van fig. 84 een karakteristiek op die het verband geeft tussen de collector-emitterspanning en de basisemitterspanning bij een constante waarde van de basisstroom.

Herhaal dit bij een aantal verschillende waarden van de basisstroom.

Onderwerp 22: Metingen aan oproepontvangers voor frequentiemodulatie

- M 166. Bepaal de gevoeligheid van de frequentiedetector (de laagfrequente uitgangsspanning als functie van de frequentiezwaai).
- M 167. Neem de statische detectiekarakteristiek van de frequentiesetector op en bepaal de maximum toelaatbare frequentiezwaai, bepaald door het rechte gedeelte van deze karakteristiek.
- M168. Maak deze karakteristiek zichtbaar op een oscillograaf.
- M 169. Bepaal van de frequentiedetector de vervorming als functie van de frequentiezwaai.
- M 170. Bepaal de onderdrukkingsfactor K van een begrenzer voor $F.M.$ -signalen als functie van de grootte van het aan de begrenzer toegevoerde $m.f.$ -signaal voor verschillende waarden van de storingsfrequentie

Metingen aan de complete ontvanger

- M 171. Bepaal bij drie afstemfrequenties de maximale gevoeligheid van een $F.M.$ -ontvanger.
- M 172. Bepaal bij dezelfde frequenties als in meting M 171 de bruikbare gevoeligheid van de ontvanger.
- M 173. Bepaal van een $F.M.$ -ontvanger de zwaai gevoeligheid als functie van het ingangssignaal.
- M 174. Neem een frafiek op die het verband geeft tussen het $l.f.$ -uitgangssignaal van de ontvanger en het aan de antenneklemmen toegevoerde $f.m.$ -signalen. Kunt u uit deze grafiek conclusies trekken betreffende de werking van de begrenzer?

Metingen aan frequentie-modulatoren

- M 175. Bepaal de centrale frequentie van een frequentiemodulator.
- M 176. Neem van een frequentiemodulator de grafiek op die de frequentie als functie van de modulerende spanning geeft.
- M 177. Controleer van een frequentiemodulator de uitgangsspanning als functie van de modulerende Spanning.
- M 178. Bepaal van een frequentiemodulator de frequentiezwaai als functie van de modulerende Spanning.

Onderwerp 23: Het meten van de Q -factor van een afgestemde kring. De invloed van de demping veroorzaakt door de meetinstrumenten.

De Q -factor van een parallelkring kan worden gemeten met behulp van de schakeling van fig. 85. Is de resonantiefrequentie van de kring f_0 en Δf het verschil van de frequenties waarbij de spanning over de kring een factor $\frac{1}{\sqrt{2}}$ lager is dan de spanning bij de resonantiefrequentie dan is $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$. De generator en de buisvoltmeter kunnen echter bij de meetopstelling van fig. 85 een zo grote demping op de kring uitoefenen dat de gemeten Q -factor veel te klein is.

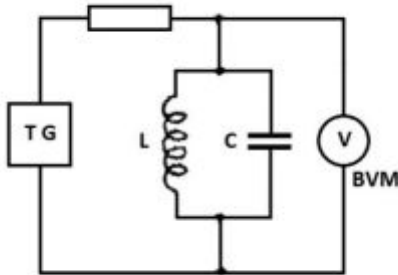


Fig. 85

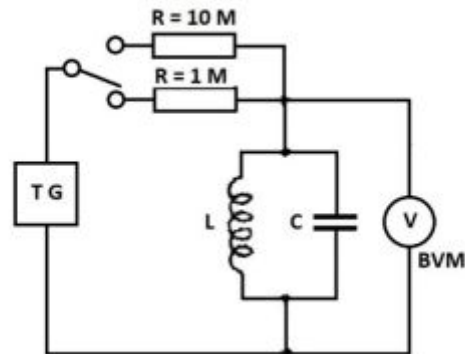


Fig. 86

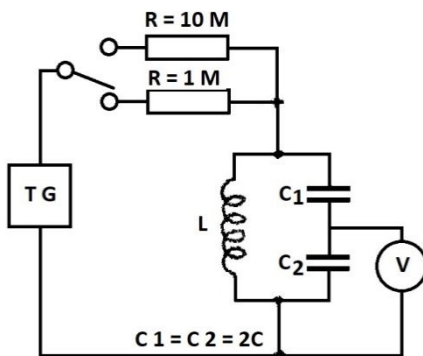


Fig. 87

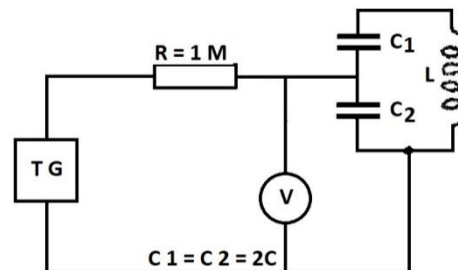


Fig. 88

M 179. Bepaal de Q -factor van de LC -kring als de generator via een weerstand $R = 1 M\Omega$ op de kring wordt aangesloten (fig. 86).

M 180. Bepaal de Q -factor eveneens met de schakeling van fig. 86 als $R = 10 M\Omega$.

M 181. Bepaal de Q -factor met de schakeling van fig. 87 voor $R = 1 M$. De buisvoltmeter is nu op een tap van de kring aangesloten.

M 182. Bepaal met de schakeling van fig. 87 opnieuw de Q -factor als $R = 10 M\Omega$.

M 183. Bepaal de Q -factor met de meetschakeling van fig. 88. Zowel de generator als de buisvoltmeter zijn nu op een tap aangesloten.

M 184. Vergelijk de verkregen waarden van de Q -factor uit de metingen M 179 t/m 183 met elkaar. Kunt u hieruit conclusies trekken betreffende de invloed van de instrumenten op de meting?

Onderwerp 24: Het meten van de inwendige weerstand van een gestabiliseerd P.S.A.

In de meting M 5, blz. 4 is reeds een methode besproken om de inwendige weerstand van een spanningsbron te meten. De in dat geval gebruikte methode is echter alleen dan voldoende nauwkeurig wanneer de inwendige weerstand vrij groot is.

Een gestabiliseerd P.S.A. zal echter in het algemeen een kleine R_i hebben van bijv. 5Ω . Voor het meten van dergelijk kleine waarden moet een andere methode dan die van meting 4 worden gebruikt. Een goede methode is die volgens de meetschakeling van fig. 89.

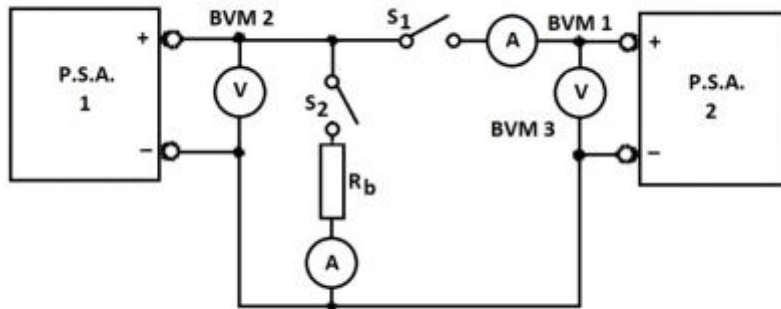


Fig. 89

Hierin is P.S.A. 1 het voedingsapparaat waarvan de R_i moet worden gemeten. Dit P.S.A. wordt in oppositie geschakeld met een ander P.S.A. 2. P.S.A.1 wordt ingesteld op de spanning waarbij moet worden gemeten, af te lezen op B.V.M.2 (schakelaar S_2 open). De belastingsweerstand R_b wordt zo gekozen dat bij gesloten S_1 (S_2 open) een belastingsstroom vloeit waarbij de R_i moet worden gemeten. Vervolgens wordt S_1 geopend en S_2 gesloten nadat de uitgangsspanning van P.S.A.2 gelijk gemaakt is aan die van P.S.A.1. B.V.M.1 zal nu niets aanwijzen.

Wordt nu ook S_1 gesloten, dan zal ten gevolge van de belastingsstroom de uitgangsspanning van P.S.A.1 dalen. Dit bedrag zal B.V.M.1 aanwijzen en dit is tevens de spanning die over de inwendige weerstand valt. De stroom door deze weerstand is ook bekend en daarmee dus de inwendige weerstand zelf. De stroom door B.V.M.1 moet hierbij kunnen worden verwaarloosd. Het grote voordeel van deze meting schuilt in het feit dat het een nulmethode is. Daardoor kan B.V.M.1 op een zeer gevoelig bereik worden geschakeld. Het is noodzakelijk voor deze meter een gevoelige hoogohmige buisvoltmeter te gebruiken (bijv. Philips type GM 6010).

- M 185. Bepaal de inwendige weerstand van een gestabiliseerd voedingsapparaat bij verschillende belastingen volgens de boven omschreven methode.
Teken in een grafiek de inwendige weerstand als functie van de belastingsstroom bij constante uitgangsspanning.
Herhaal dit bij een aantal andere waarden van de uitgangsspanning van het voedingsapparaat.

Onderwerp 25: Het meten van impedanties

Voor het meten van impedanties kan men een keuze maken uit een groot aantal meetmethoden. De meer eenvoudige brugmethoden geven vaak de waarden van R , L en C bij een doorgaans lage frequentie weer.

In hoogfrequente circuits zijn de impedanties gewoonlijk vrij hoog. Daardoor is het mogelijk vele impedantiemetingen aan onderdelen uit deze circuits uit te voeren met behulp van een resonantiemethode. In het volgende zal het meten van de ingangsimpedantie van een buisvoltmeter worden besproken.

Praktische Meettechniek

Voor een resonantiekring geldt de betrekking: $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (1).

Zijn twee van deze grootheden bekend, dan kan de derde worden berekend.

Men kan dit dan met een schakeling volgens fig. 90 doen. De koppeling van de kring LC_v met de generator transformeert diens inwendige impedantie in de kring waardoor deze gedempt en verstemd wordt. Hetzelfde geldt met betrekking tot de buisvoltmeter, die met een kleine capaciteit C_k aan de kring wordt gekoppeld.

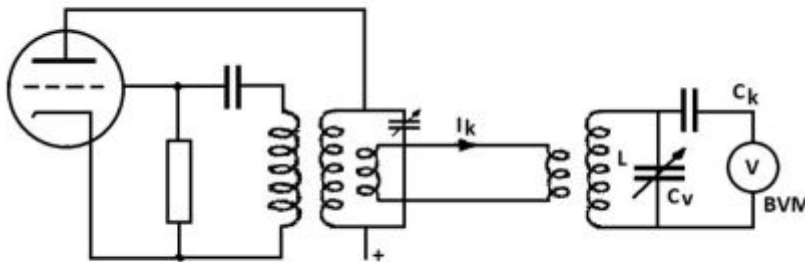


Fig. 90

Om nu uit de betrekking (1) met enige nauwkeurigheid de onbekende te kunnen vinden, moet de invloed van de generator en van de buisvoltmeter klein zijn. De generator en de kring moeten dus zo los mogelijk worden gekoppeld, terwijl de capaciteit C_k zo klein mogelijk moet zijn.

Het is duidelijk, dat om een redelijke aanwijzing van de voltmeter te krijgen de spanning op de kring vrij hoog moet zijn, afhankelijk van de gevoeligheid van de buisvoltmeter. De generator moet daarom in staat zijn een stroom van behoorlijke grootte in de koppeling te sturen.

Zoals bekend is (zie onderwerp 23) volgt de Q -factor uit de formule: $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$ (2).

Het is nu op twee manieren mogelijk de kring te verstemen en wel door verandering van de generatorfrequentie, of door verandering van de resonantiefrequentie van de kring.

Het laatste is meestal het eenvoudigste, daar voor de kringcapaciteit gebruik gemaakt kan worden van een variabele standaardcondensator die geijkt is in pF en waarop zeer kleine capaciteitsveranderingen kunnen worden ingesteld.

Dan gaat formule (2) over in: $Q = \frac{C}{\frac{1}{2}\Delta C}$ (3). Hierin is ΔC het verschil in capaciteit tussen twee punten waar de spanning tot op $\frac{1}{\sqrt{2}} U_{max}$ is gedaald. Om een kleine weerstand te meten bepalen we eerst de Q_1 van de kring zonder de weerstand en daarna de Q_2 van de kring met de weerstand R_{sx} in serie met L, C en R_1 . Nu geldt:

$$R_1 = \frac{1}{\omega_0 C Q_1} \quad \text{en} \quad R_2 = \frac{1}{\omega_0 C Q_2} \quad \text{en} \quad R_{sx} = R_2 - R_1 \quad (4).$$

Voor $Q > 10$ kunnen we de serieweerstand van de spoel op eenvoudige wijze omrekenen in een parallelweerstand en wel als volgt:

$$Q = \frac{1}{\omega_0 C R_s} = \omega_0 C R_p \quad \text{of} \quad R_p = \frac{Q}{\omega_0 C} = Q^2 \cdot R_s \quad (5).$$

Hiermee zien we dat we ook zeer grote weerstanden kunnen meten. We kennen nl. reeds Q_1 , zodat $R_{p_1} = \frac{Q_1}{\omega_0 C}$. Schakelen we nu de onbekende weerstand R_{p_x} parallel aan de afstemcondensator, dan meten we een kwaliteitsfactor Q_2 en $R_{p_2} = \frac{Q_2}{\omega_0 C}$. Uit: $R_{p_2} = \frac{R_{p_1} \cdot R_{p_x}}{R_{p_1} + R_{p_x}}$ volgt: $R_{p_x} = \frac{R_{p_1} \cdot R_{p_2}}{R_{p_1} - R_{p_2}} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{Q_1 - Q_2} \cdot \frac{1}{\omega_0 C}$.

De onbekende serieweerstand R_{s_x} moet steeds zo klein zijn en de onbekende parallelweerstand R_{p_x} moet steeds zo groot zijn, dat $Q_2 > 10$ is, anders wordt de methode te onnauwkeurig.

M 186. Maak de opstelling volgens fig. 91 en bepaal de Q -factor van de kring bij $f = 6 \text{ MHz}$.
Verklein vervolgens de koppeling en bepaal de Q -factor opnieuw. Ga hiermee door totdat de Q niet noemenswaard meer stijgt. De schakeling is nu gereed voor metingen.

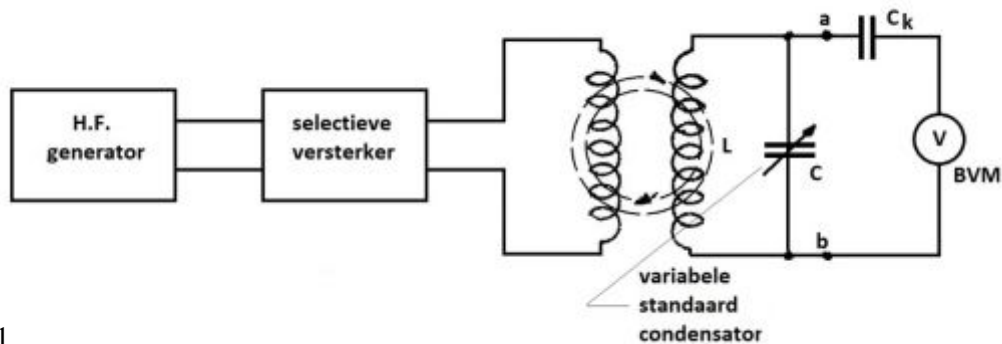


Fig. 91

M 187. Bepaal nu voor twee verschillende waarden van C (fig. 91), bijv.:
 $C_1 = 200 \text{ pF}$ en $C_2 = 150 \text{ pF}$, de resonantiefrequenties f_1 en f_2 van de kring. Uit deze twee metingen kan de waarde van L en van de parasitaire capaciteit C_p worden gevonden uit de formule:

$$\omega^2 = \frac{1}{L(C + C_p)}.$$

M 188. Bepaal nu de ingangsimpedantie van een buisvoltmeter als functie van de frequentie met behulp van de schakeling van fig. 91 waarbij deze buisvoltmeter tussen de punten a en b wordt aangesloten.

1. Stel de frequentie van de oscillator in op de gewenste waarde.
2. Breng de kring in resonantie en lees C af. Meet de Q van de kring.
3. Sluit de buisvoltmeter aan en breng de kring opnieuw in resonantie.
4. Lees C opnieuw af. Meet de Q van de kring.

Doe dit voor de frequenties 1, 2, 3, 6, 10 en 12 MHz. Bereken, met behulp van de in de punten 1 tot en met 4 gevonden meetresultaten, de capaciteit en de parallelweerstand die de impedantie van de buisvoltmeter vertegenwoordigen bij de gegeven frequenties en zet de gevonden waarden uit in een grafiek.

Onderwerp 26: Invloed van het eigenverbruik van het meetinstrument op de meetresultaten.

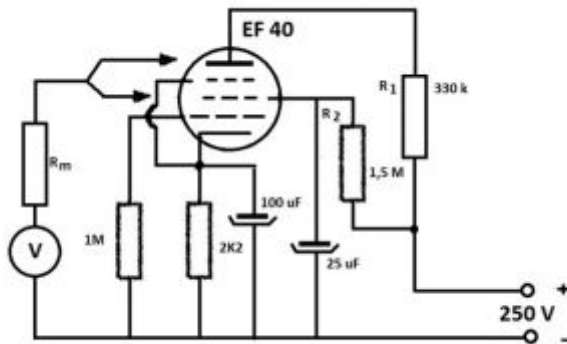


Fig. 92

de gemeten spanning lager is dan de werkelijke spanning.

Bij metingen met instrumenten, die zelf onvermijdelijk energie gebruiken, aan meetschakelingen die maar weinig energie kunnen leveren, worden merkbare fouten gemaakt, die in grootte afhankelijk zijn van de eigenschappen van de meetschakeling en van het meetinstrument.

Een veel voorkomend geval is dat van fig. 92, waar een meetinstrument met eigen weerstand R_m wordt gebruikt om de anode- en schermroosterspanning van een versterkerbuis te meten. Door het aansluiten van de meter daalt de te meten spanning enigszins, zodat

a. Het meten van de anodespanning

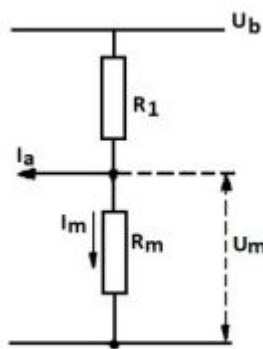


Fig. 93

Daar de schermroosterspanning constant is en de anodespanning maar weinig verandert, mag de anodestroom als constant worden beschouwd.

We krijgen dan het schema van fig. 93.

De werkelijke anodespanning is:

$$U_a = U_b - I_a R_1 \dots \dots \dots (1)$$

Wanneer we even afzien van de spanningsval aan de kathodeweerstand, die meestal klein is.

De gemeten spanning U_m is gelijk aan:

$$U_m = U_b - (I_a + I_m) R_1 \dots \dots \dots (2)$$

Daar $I_m = \frac{U_m}{R_m}$ volgt nu uit (1) en (2):

$$U_m = U_a - \frac{U_m}{R_m} R_1$$

$$U_a = U_m \left(1 + \frac{R_1}{R_m} \right)$$

$$\frac{U_a}{U_m} = 1 + \frac{R_1}{R_m} = 1 + \delta$$

De fout die we maken is dus gelijk aan:

$$\frac{R_1}{R_m} \times 100 \%$$

Bij het aansluiten van het meetinstrument daalt de schermroosterspanning.
Daardoor neemt de stroom in de buis enigszins af, waardoor de spanningsdaling weer wordt tegengewerkt.

De twee toestanden zijn weergegeven in fig. 94a en 94b.

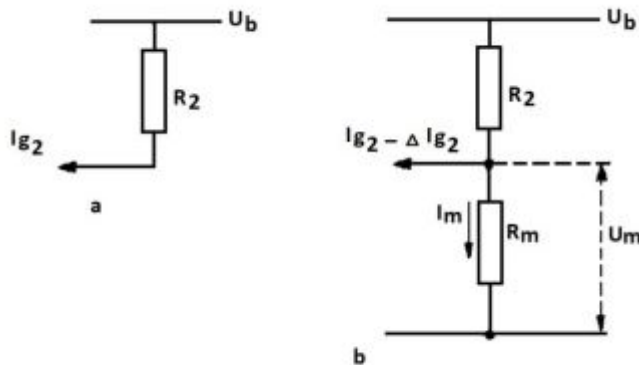


Fig. 94

Daar de anodespanning weinig invloed heeft op de stroom in de buis is de anode in de figuur weggelaten.

We moeten nu eerst ΔI_{g_2} bepalen. Daartoe moeten wij de dynamische weerstand van het schermrooster r_{g_2} kennen. Deze is te vinden uit de buisgegevens. Is nu de gezochte schermroosterspanning U_{g_2} , dan is:

$$\Delta I_{g_2} = \frac{U_{g_2} - U_m}{r_{g_2}}, \text{ daar } r_{g_2} = \frac{\Delta U_{g_2}}{\Delta I_{g_2}} \text{ en } \Delta U_{g_2} = U_{g_2} - U_m.$$

In fig. 94a is nu $U_{g_2} = U_b - I_{g_2} R_2$.

In fig. 90b is: $U_m = I_m R_m = U_b - R_2 (I_{g_2} - \Delta I_{g_2} + I_m)$.

$$U_m = (U_b - I_{g_2} R_2) + R_2 \frac{U_{g_2} - U_m}{r_{g_2}} - R_2 \cdot \frac{U_m}{R_m}$$

$$U_m \left(1 + \frac{R_2}{R_m} + \frac{R_2}{r_{g_2}} \right) = U_{g_2} + U_{g_2} \cdot \frac{R_2}{r_{g_2}}$$

$$U_{g_2} = U_m \cdot \frac{1 + \frac{R_2}{R_m} + \frac{R_2}{r_{g_2}}}{1 + \frac{R_2}{r_{g_2}}}$$

$$\frac{U_{g_2}}{U_m} = 1 + \frac{\frac{R_2}{R_m}}{1 + \frac{R_2}{r_{g_2}}} = 1 + \delta.$$

De fout is dus: $\frac{\frac{R_2}{R_m}}{1 + \frac{R_2}{r_{g_2}}} \times 100 \%$.

R.T.
P.M.

Nadruk verboden 63



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Wanneer $R_2 \gg r_{g_2}$, dan kan men schrijven:

$$\delta = \frac{R_2}{R_m} \cdot \frac{r_{g_2}}{r_{g_2+R_2}} \approx \frac{R_2}{R_m} \cdot \frac{r_{g_2}}{R_2} = \frac{r_{g_2}}{R_m}.$$

Om r_{g_2} te vinden gaan wij als volgt te werk. Voor een penthode geldt dat de verhouding tussen anode-stroom en schermroosterstroom gelijk is aan de verhouding tussen de steilheid tussen stuurrooster en anode ($S_{g_1 a}$) en de steilheid tussen stuurrooster en schermrooster ($S_{g_1 g_2}$). $\frac{I_{g_2}}{I_a} = \frac{S_{g_1 g_2}}{S_{g_1 a}}$ of:

$$S_{g_1} = \frac{I_{g_2}}{I_a} \cdot S_{g_1 a}. \text{ Verder is: } r_{g_2} = \frac{U_{g_1 g_2}}{S_{g_1 g_2}} = \frac{U_{g_1 g_2} \cdot I_a}{S_{g_1 a} \cdot I_{g_2}}.$$

$$I_{g_2} = \frac{U_b - U_m}{R_2} - I_m \text{ waarin } I_m = \frac{U_m}{R_m}.$$

$S_{g_1 a}$ en $U_{g_1 g_2}$ zijn vrijwel altijd bekend zodat r_{g_2} kan worden berekend.

Het is duidelijk dat de berekende r_{g_2} niet nauwkeurig is. Daar I_{g_2} wordt gebruikt om een fout te berekenen, is het effect van de in r_{g_2} gemaakte fout van de 2^e orde.

M 189. a. Meet van de schakeling van fig. 92 U_a en U_{g_2} met behulp van een universeelmeter.

b. Meet U_a en U_{g_2} in deze schakeling eveneens met behulp van een buisvoltmeter.

c. Zoek in de documentaties de eigen weerstand van de gebruikte instrumenten op.

d. Bereken volgens de gegeven methode de fouten in meting a en b en vergelijk deze met elkaar.

Onderwerp 29: Kathodevolger

Gebruik meetbordje 29 – ABCD.

Aanwijzing: Denk om aarding van de gloeidraad in het setje, let hierbij op een eventuele reeds aanwezige aardverbinding in het P.S.A.

A. Versterking

Meet de versterking (verzwakking) op van de schakeling bij een frequentie van 1000 Hz.

Gebruik hiervoor twee elektronische voltmeters die direct op de schakeling, dus zonder de weerstanden van $6,8 M\Omega$ en $47 k\Omega$, moeten worden aangesloten.

Daar het spanningsverschil vrij klein zal zijn, maken we bij gebruik van twee verschillende voltmeters een vrij grote fout. Verklaar waarom en meet hierna de versterking m.b.v. één voltmeter.

Stel nu het uitgangsniveau met inschakeling van de kathodecondensator op 0 dB bij 1000 Hz en meet de frequentie karakteristiek op in dB's.

Bekijk ook de maximum uitstuurbaarheid van de schakeling. Waardoor wordt deze bepaald?

B. Uitgangsimpedantie

Bepaal de uitgangsimpedantie van de schakeling op de volgende drie manieren:

1. Door de schakeling achtereenvolgens met twee bekende weerstanden te belasten en in beide gevallen de klemspanning te meten.
2. Door eerst van de onbelaste schakeling de open klemspanning te meten, waarna de schakeling belast wordt met een regelbare weerstand die zodanig wordt ingesteld dat de klemspanning tot de halve waarde van de open klemspanning is gedaald, waardoor dus de spanningsval over de in- en uitwendige weerstand gelijk is. Hieruit volgt dus $R_i = R_u$.
Let hierbij op oversturing. Waarom?
3. Passief meten van Z_i . Sluit de ingang kort naar aarde en leg een wisselspanning via de aanwezige weerstand van $47 k\Omega$ aan op de uitgang van de schakeling. Uit het quotiënt van de wisselspanning over de uitgangsklemmen en de stroom door de weerstand van $47 k\Omega$ kan Z_i worden berekend. De stroom is te bepalen uit de spanningsval over $47 k\Omega$ (niet zwevend meten).

C. Ingangsimpedantie

Bepaal de ingangsimpedantie van de schakeling op de volgende twee manieren:

1. Door via een grote weerstand een spanning aan te leggen. De stroom kan weer gevonden worden uit de spanningsval over de weerstand, dus het verschil in optredende spanning voor- en na de weerstand. Denk hierbij echter om de impedantie van de buisvoltmeter. Het eigen stroomverbruik van de meter veroorzaakt ook een spanningsval over de voorschakelweerstand.
Zoek de ingangsimpedantie van de buisvoltmeter op en verdisconteer deze in de berekening.
2. Een nauwkeuriger methode die voor elke frequentie uit te voeren is, is de volgende:
We bepalen hierbij afzonderlijk de ingangscapaciteit en de ingangsweerstand.
Maak een afgestemde (parallel)kring, bv. op 200 kHz m.b.v. een ijkcondensator.
Breng de kring in resonantie.
Sluit de meetset aan en bepaal d.m.v. verstemming de ingangscapaciteit. Meet nu van de kring zelf met de zgn. $\frac{1}{2} \sqrt{2}$ -methode de parallelweerstand en hierna met de meetset aangesloten de totale parallelweerstand, waaruit R_i is te berekenen.

R.T.
P.M.



blz. 65

HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Programma voor het examen Middelbaar Elektronicus

Uit de cursus praktische meettechniek moeten de volgende metingen verricht kunnen worden:

14/17 ; 20/22 ; 23/26 ; 27/32 ; 19 en 33 ; 34/36 ; 37/40 ; 52/60 ; 63/67 ; 68/71 ; 79/87 ;
88/91 ; 110/112 ; 134/143 ; 149/165 ; 179/184.

Dit moet aangevuld worden met de volgende metingen en onderwerpen. (gedeeltelijk nieuwe metingen, gedeeltelijk aanvulling van bestaande hierboven nog niet genoemde metingen uit de cursus.)

Voor alle metingen geldt:

1. Een duidelijk omschreven keuze van de meest geschikte meetmethode.
2. Als eenmaal een geschikte methode gevonden is, dan een duidelijk omschreven keuze van de hiervoor meest geëigende instrumenten.
3. Het op de juiste wijze opzetten van de meetopstelling en het aansluiten van de meetinstrumenten, denk hierbij speciaal om polariteiten en het aardpunt.
4. Het op de juiste manier aflezen van de meetinstrumenten (meters, oscillograaf enz.)
5. Verwerking van de meetresultaten, foutbeschouwing.

Elk van deze punten kunnen op het examen ter sprake komen.

De hieronder voorkomende opdrachten en beschrijvingen hebben een willekeurige volgorde en zijn genummerd met letters.

A. Bestudeer de beide bladzijden “bijlage 1 en 2”.

Zorg dat u de hierop voorkomende begrippen en afkortingen kunt verwerken.

Let hierbij op dat nauwkeurigheid wordt opgegeven in procenten van volle schaaluitslag (full scale deflection), de absolute fout blijft op elk punt van de schaal hetzelfde, de relatieve fout neemt toe naarmate de wijzer minder uitslaat. Bij de stroombereiken wordt de spanningsval bij volle schaaluitslag opgegeven. Bereken hieruit de inwendige weerstand in elk bereik. Op het examen mag een exemplaar van deze bijlage gebruikt worden.

Aansluiting en bediening moeten echter vlot gekend worden.

B. Verricht de metingen, voorkomende op de nieuwe bladzijden 8A, 8B en 8C.

C. Aarding van meetinstrumenten.

Bepaal de spanning tussen kast en aarde van een “groot” meetinstrument (bijvoorbeeld Philips oscillograaf GM 5654) en van een kleiner instrument (bijvoorbeeld toongenerator).

Doe dit met een Pekly-meter in de uitvoering $1\text{ k}\Omega/V$ en in de uitvoering $5\text{ k}\Omega/V$, hierna met een millivoltmeter (alle op verschillende bereiken).

Probeer uit de resultaten de waarde van de lekcapaciteit van de trafo te bepalen. Let bij deze metingen op het volgende: het kan verschil uitmaken op welke manier de netstekker in het apparaat gestoken wordt.

Zet nu twee instrumenten tegelijk op tafel (beide niet geaard) en probeer het spanningsverschil tussen beide kasten te meten. Verklaar dit.

Zet nu toongenerator en oscillograaf aan en verbind alleen de positieve uitgangsklem van de generator met de positieve ingangsklem van de oscillograaf. Bekijk het verkregen oscillogram en verklaar het.

De remedie tegen dit verschijnsel is natuurlijk de kast met aarde te verbinden. Het betreffende lekstroompje vloeit nu rechtstreeks naar aarde af en er kan geen spanning tussen kast en aarde komen te staan. Om ongewenste effecten te voorkomen, moet er in elk geval voor gezorgd worden dat alle kasten aan één punt liggen, dit punt kan dan met aarde worden verbonden.

Staat een instrument ongeaard in een schakeling dan noemen we dit z.g. zwevend meten. Er zal nu vanuit de kast automatisch meestal via een van de klemmen van het meetapparaat dóór de meetschakeling naar aarde een stroompje gaan lopen waardoor de schakeling beïnvloed wordt. Dit zal meestal ongewenst zijn.

D. Seriekring.

Neem van een serieschakeling van een spoel en een condensator een grafiek op die het verband weergeeft tussen de faseverschuiving en de frequentie.

E. Halfgeleiderdiodes.

Meet de doorlaat- en sperkarakteristiek op van een germanium- en daarna van een siliciumdiode. Bij het opnemen der doorlaatkromme moet de aanwezige weerstand van 500 ohm in serie geschakeld worden. zelfs bij de volle batterijspanning van $4\frac{1}{2}$ V kan de maximale stroom (± 10 mA) niet overschreden worden.

Tijdens het meten moeten stroom en spanning tegelijk gemeten worden. Kies daarom de juiste meetopstelling. (De spanningsmeter kan namelijk op twee manieren worden aangesloten). Alvorens tot een juiste keuze te komen, bekijk zowel voor doorlaat- als spergedeelte de twee mogelijkheden en bepaal voor de verkeerde opstelling de orde grootte van de fouten die gemaakt worden. Verhoog nu de temperatuur tot 50 á 60 °C en bekijk de invloed ervan op zowel doorlaat- als spergedeelte.

De diodes zijn gemonteerd in een draadgewonden weerstand die verwarmd wordt m.b.v. een wisselspanning van 3,15 of 6,3 V (extern aan te sluiten op de trafo van het bordje, eventueel te regelen via een variac). Er kan ook een laagspanningsvoeding van 0 – 15 V gebruikt worden.

F. Zenerdiode.

Meet de sperkarakteristiek op van een zenerdiode.

De sperkarakteristiek kan opgenomen worden met een maximale spanning van 9 V (twee batterijen in serie). De serieweerstand van 150 ohm zorgt ervoor dat in het geleidingsgebied waarin de stroom door de zenerdiode plotseling zeer sterk toeneemt, de stroom toch beperkt blijft.

Belast hierna de schakeling met een weerstand van ± 3 k Ω , dit betekent een stroomafname (belasting) van 2 mA. Om variaties van de stroomafname der belastingsweerstand t.g.v. verandering van deze weerstand te kunnen compenseren is het voor een goede stabilisatie nodig de constante (instel)stroom door de zenerdiode een aantal malen hoger te kiezen dan de maximaal af te nemen stroom.

Stel in dit geval 10 mA. De totaalstroom is nu $10 + 2 = 12$ mA, hetgeen bij een voorschakelweerstand van 150 Ω en een voedingsspanning van 9 Volt dit goed mogelijk maakt.

Varieer nu de voedingsspanning 10% en bekijk de variatie der uitgangsspanning.

Bereken de stabilisatiefactor, zijnde het quotiënt der relatieve verandering.

R.T.
P.M.

blz. 67



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Varieer de belastingsweerstand van $1\frac{1}{2}$ tot $5\text{ k}\Omega$ en bekijk de spanningsvariatie.
Bereken hieruit de inwendige weerstand van de schakeling.

G. l.f.-versterker.

Bepaal van een gegeven weerstandsgekoppelde versterker de bandbreedte:

1. Zonder tegenkoppeling.
2. Met spanningstegenkoppeling.
3. Met stroomtegenkoppeling.

Bepaal de tegenkoppelfactor in $dB's$.

Bepaal van elke trap en van de gehele versterker de versterking in $dB's$. Bepaal de uitstuurbaarheid van de versterker in de bovengenoemde drie gevallen. (gebruik meetset B)

H. Buiscapaciteit

Bepaal van een triode de capaciteit tussen rooster en kathode. Doe dit met zowel koude als warme kathode. Daar de betreffende capaciteit klein is, moet een bijzondere meetmethode gekozen worden. Het beste kan dit door een parallelkring samen te stellen m.b.v. een spoel en een ijkcondensator

De kring wordt nu eerst in resonantie gebracht zonder het te meten object. Daarna de buis parallel aan de kring aansluiten waardoor de kring verstemd wordt en de ijkcondensator bijgesteld zal moeten worden. De variatie van de ijkcondensator is gelijk aan de bijgeschakelde condensator. Hoe kunt u de parasitaire capaciteit van de meetsnoertjes naar de buis elimineren?

I. Tweepool.

Bepaal van een z.g. tweepool (een gegeven "black box" met twee aansluitklemmen) de eigenschappen:

1. m.b.v. een sinusvormige spanning en een spannings- en/of stroommeter.
2. Indien mogelijk met een blokspanningsgenerator en een oscillograaf.

Probeer ook de waarde van het betreffende element te bepalen. In aanmerking komen bijvoorbeeld: lineaire en niet-lineaire weerstanden, condensatoren, spoelen, diodes, enz.

J. Vierpool.

Bepaal van een z.g. vierpool (een gegeven "black box" met vier aansluitklemmen) de Eigenschappen.

1. m.b.v. een sinusvormige spanning en een spannings- en/of stroommeters.
2. Indien mogelijk met een blokspanningsgenerator en een oscillograaf.

In aanmerking komen bijvoorbeeld: hoog- en laagdoorlatende netwerken, banddoorlatende netwerken, halfgeleiderschakelingen, enz. Opmerking: de onderste twee klemmen van een vierpool zijn doorgaans inwendig met elkaar verbonden.

K. Kathodevolger

Verricht de gehele serie metingen onderwerp 29, blz. 64.

Aanwijzing A: het uitgangsniveau hoeft niet zodanig ingesteld te worden dat de meter op 0 dB staat; het uitgangsniveau dat ons het beste uitkomt, stellen we nul dB en we nemen op hoeveel dB bij andere frequenties het uitgangsniveau groter of kleiner is. Aanwijzing B: er moet op gelet worden dat de schakeling alléén uit het oogpunt van wisselspanning belast wordt.

Dus: een condensator tussenschakelen (bereken de waarde van deze C).

Aanvulling C: 3^e methode.

Aanvulling C: 3^e methode.

Schakel in serie met de ingang van de schakeling een bekende weerstand (R_v).

De toongenerator wordt via R_v op de schakeling aangesloten. De weerstand kan m.b.v. een schakelaar worden kortgesloten. Met een spanningsmeter wordt de uitgangsspanning gemeten.

De procedure is nu als volgt:

Sluit de schakelaar. De uitslag van de uitgangsspanningsmeter is nu $U_{u1} = U_{tg} \cdot V_0$.

(V_0 is de versterking van de schakeling). Open nu de schakelaar, dan zal de meter aanwijzen:

$$U_{u2} = U_i \cdot V_0 = U_{tg} \frac{Z_i}{R_v + Z_i} V_0.$$

Nu kan de ingangsweerstand Z_i bepaald worden: $\frac{U_{u1}}{U_{u2}} = 1 + \frac{R_v}{Z_i}$, ofwel: $Z_i = \frac{R_v}{\frac{U_{u1}}{U_{u2}} - 1}$.

De nauwkeurigheid wordt bepaald door weerstand R_v en de relatieve nauwkeurigheid van de voltmeter. Het gaat immers alleen om de verhouding van twee spanningen en niet om de absolute waarde. Als de ingangsweerstand van de voltmeter niet voldoende is, kan er in serie met zijn ingang een grote weerstand geschakeld worden.

De meting kan volgens hetzelfde principe ook als volgt geschieden.

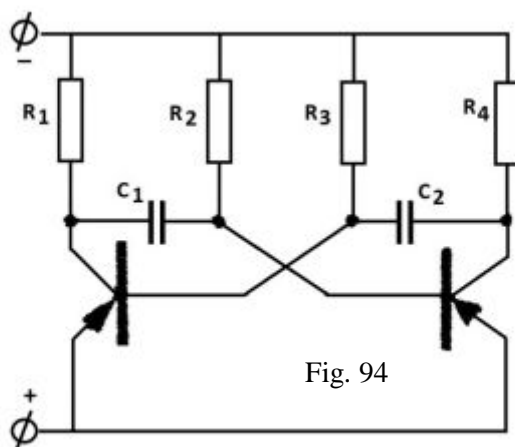
Voor R_v wordt een potmeter genomen en deze wordt zo geregeld dat de uitgangsspanning met- en zonder kortgesloten potmeter een factor één op twee verschilt. De ingangsweerstand is nu gelijk aan de waarde van de potmeter. Ook hier is de nauwkeurigheid van de voltmeter niet van belang.

Het is ook mogelijk, indien de generator een instelbare verzwakker heeft die afleesbaar is, deze verzwakker een factor één op twee te veranderen en dan met- en zonder kortgesloten potmeter deze laatste zo te regelen dat de uitgangsspanning op dezelfde waarde komt. De nauwkeurigheid van de hierbij gebruikte voltmeter is in het geheel niet van belang. Een indicator die een bruikbare uitslag geeft, is voldoende.

Wil men de reële ingangsweerstand meten, dan zal de meting moeten geschieden bij een zodanige frequentie dat parallelcapaciteiten nog geen rol spelen. Wordt de meting bij een zodanige hoge frequentie gedaan dat de reële weerstand te verwaarlozen is, dan vindt men als ingangsimpedantie: $\frac{1}{\omega C}$. Hieruit kan C_i berekend worden.

L. Astabiele multivibrator.

Bouw een z.g. astabiele multivibrator volgens bijgaand schema. Neem frequentie bijvoorbeeld



1000 Hz. Voedingsspanning 9 V.

Eventueel kan de schakeling opgebouwd worden m.b.v. de Lectrondoo^{*4}.

Bekijk op een oscillograaf de uitgangsspanning. Geef een omschrijving van het oscillogram, d.w.z.: amplitude, herhalingsfrequentie, pulsbreedte, stijg- en afvaltijd, eventuele doorschot, enz.

Komt amplitude en frequentie overeen met de verwachtingen?

Bekijk ook diverse spanningspunten in de schakeling. Deze kunnen het beste geschieden met een getriggerde scoop, omdat zijn tijd-basis is geijkt in looptijd.

^{*4} "Lectron" was een modulaire elektronische experimentenkit ontworpen door Braun om jongeren kennis te laten maken met fundamentele elektronische schakelingen en theorie. (Bron: wikipedia.org) FV



Praktische Meettechniek

M. dB-schaal

Een dB is gedefinieerd als een verhouding van twee spanningen en wel de \log uit deze verhouding, vermenigvuldigd met twintig. Hier komt dus een getal uit dat aangeeft hoeveel een bepaalde spanning groter of kleiner is dan een andere.

Is $U_1 > U_2$ dan komt er een positief getal uit. Is $U_1 < U_2$ dan komt er een negatief getal uit.

Het is nu mogelijk m.b.v. deze definitie de grootte van een versterking of verzwakking weer te geven. Immers onder de versterking of verzwakking wordt verstaan de verhouding van in- en uitgangsspanning bij een of ander netwerk of schakeling. Nemen we consequent de definitie van de versterking, dan zal als er een vermindering van U_u t.o.v. U_i optreedt er een negatieve versterking ofwel verzwakking uitkomen.

Wanneer we twee trappen (versterking of verzwakking) achter elkaar hebben, dan is de totale versterking $v_t = v_1 \times v_2$. Nemen we de \log hieruit dan wordt de \log van een product gelijk aan de som van de resp. logaritmen. We kunnen dus algebraïsch het aantal dB 's van achtereenvolgende versterkertrappen optellen. Willen we nu een voltmeter gebruiken om rechtstreeks dB 's te meten, dan moet er, aangezien er geen schaal getekend kan worden die een verhouding aangeeft, een referentiewaarde (nulpunt) gekozen worden.

Het aantal dB 's geeft nu aan hoeveel een andere spanning (U_2) groter of kleiner is dan de gekozen referentie (U_1). Algemeen wordt hiervoor aangenomen een dissipatie van $1mW$ in 600Ω (karakteristieke impedantie van een twee-aderige parallellelijn- telefoonkabel).

Dit komt overeen met een spanning van $0,775 V$. Dit is nu de bovenbedoelde referentiespanning.

Bij de meeste fabrieksapparaten wordt deze spanning genomen op het bereik van $3 V$.

Bij de stand $3 V$ van de bereikschakelaar staat dan ook bij de betreffende dB -standen $0 dB$.

Op de schaal van de voltmeter wordt nu een dB -schaal getekend. Deze geeft dus aan hoeveel een bepaalde spanning groter is dan de referentiespanning ($0 dB$). Dit geeft een positief aantal dB 's.

Voor spanningen die kleiner zijn dan de referentie levert dit een negatief aantal dB 's op.

Controleer een en ander op de schaal van een Philips millivoltmeter.

Staat de meter nu op een gegeven ogenblik op $5 dB$ dan betekent dit dat deze spanning $5 dB$ groter is dan de referentiespanning. Komt er bij een volgende meting een aanwijzing van $10 dB$, dan betekent dit dat deze spanning $10 dB$ groter is dan de referentie. We kunnen nu in een keer zeggen dat de tweede aflezing $5 dB$ groter is dan de eerste.

Dit betekent dat de laatste aflezing $5 dB$ groter is dan een bepaalde willekeurige spanning die wij in ons geval dus als nul dB kunnen invoeren. Dit wordt dus als ons nieuwe referentiepunt genomen. Omgekeerd kunnen we zeggen dat de eerste aflezing $5 dB$ kleiner is dan de tweede.

Dit betekent dat de eerste aflezing $5 dB$ kleiner is dan een bepaalde willekeurige spanning die wij in ons geval dus als nul dB kunnen invoeren. Dit ($10 dB$) wordt nu ons nieuwe referentiepunt.

Wanneer er bijvoorbeeld een frequentiekarakteristiek opgenomen moet worden in dB 's dan wordt de uitgangsspanning in het rechte gedeelte nul dB gesteld. Dit hoeft nu niet de " $0 dB$ " op de meterschaal te zijn, maar kan een willekeurige aangenomen waarde op de dB -schaal zijn.

Deze laatste waarde stellen we nul dB en nemen op hoeveel dB 's de uitgangsspanning groter of kleiner wordt vergeleken met onze referentie en zetten deze waarden in $+$ of $-$ zoveel dB 's uit in een grafiek.

Tweede voorbeeld: Bij een resonantiekromme wordt de bandbreedte gevraagd, d.w.z. de frequenties waarbij de spanning tot op $3 dB$ minder is geworden dan de spanning bij resonantie. De optredende spanning bij resonantie stellen we nu $0 dB$ en laten de aanwijzing zakken tot een waarde die $3 dB$ minder is dan de oorspronkelijke als nul aangenomen waarde. Willen we dit zo nauwkeurig mogelijk doen dan moeten we de meter zoveel mogelijk uit laten slaan (algemene regel

voor een zo nauwkeurig mogelijke meting).

Men kan zien op de betreffende schaal dat één dB op het eind een groter schaaldeel vertegenwoordigt dan meer op het begin van de schaal.

Het kan gebeuren dat er grotere spanningsverschillen optreden dan op het bereik van 3 V zijn af te lezen. Het kan dus nodig zijn tijdens het meten van bereik te veranderen, groter of wel lager.

Om dit toch zonder veel rekenwerk te laten geschieden, heeft men de bereiken op een bepaalde manier verdeeld. De bereiken met een factor "3" zijn in werkelijkheid op het eind van de schaal 3,16, ofwel $\sqrt{10}$. De bereikindeling is dus als volgt: 1 ; $\sqrt{10}$; 10 ; $10\sqrt{10}$, enz. Het $\sqrt{10}$ -bereik ligt dus middelevenredig tussen 1 en 10. Elke stap verschilt dus een constante factor $\sqrt{10}$.

Bepalen we nu $20 \log \sqrt{10}$, blijkt dit 10 dB te zijn. Tussen elke stap dus een factor 10 dB .

Aangezien we de \log genomen hebben, hoeft er niet vermenigvuldigd te worden tijdens het overschakelen op een ander bereik, maar alleen een constant getal van 10 dB opgeteld of afgetrokken te worden.

Wordt van het 3 V naar het 10 V-bereik overgeschakeld, dan staat er bij de dB -stap " + 10 dB ".

Bij de aflezing op de dB -schaal moeten we gewoon bij elke waarde 10 dB optellen.

Controleer dit door een willekeurige spanning op het bereik van 10 V. De aflezing in dB 's moet uiteraard hetzelfde zijn, want de ingangsspanning is niet veranderd. Zo kan men doorschakelen naar het bereik van 30 V, nu optellen: 20 dB , controleer aflezing.

Ligt de spanning op het bereik 3 V beneden 1 V, dan kan teruggeschakeld worden naar het bereik van 1 V. Hier staat bij: " - 10 dB ". Van elke aflezing op de op de dB -schaal wordt nu 10 dB afgetrokken.

Controleer m.b.v. een spanning of dit juist is.

Bij verder terugschakelen wordt dit telkens 10 dB meer.

We hebben eerder gezien dat voor het nulpunt niet de referentie 0,775 V gebruikt hoeft te worden, maar dat we op een willekeurig punt van de schaal ons nulpunt kunnen kiezen. Dit gaat uiteraard ook op voor andere standen van de bereikschakelaar dan 3 V.

Voorbeeld: Schakelaar op bereik 10 V. De meter slaat uit tot 8 dB . In werkelijkheid vergeleken met de referentie is dit 8 dB + 10 dB = 18 dB . D.w.z. dat deze spanning 18 dB groter is dan de referentie.

Bij de tweede meting staat de wijzer op het punt 5 dB . In werkelijkheid vergeleken met de referentie: 5 dB + 10 dB = 15 dB .

Een verschil dus van 18 - 15 = 3 dB . (minder). We hadden nu in één keer kunnen zeggen: +5 dB is 3 dB minder dan 8 dB , m.a.w. de referentie nul dB stellen we op 8 dB en dan is de aflezing van 5 dB gelijk aan -3 dB .

Conclusie: We kunnen ons eigen referentiepunt op elk willekeurig bereik en elke schaaluitslag zelf kiezen. We lezen op de schaal af hoeveel dB 's een bepaalde spanning groter of kleiner is dan ons gekozen referentiepunt. Zijn de spanningsverschillen groter dan de variatie die mogelijk is in één bereik, dan kan er naar een willekeurig ander bereik overgeschakeld worden, maar dan moet er de constante verschilfactor tussen de twee bereikstanden zijnde $\times 10$ dB met inachtneming van het teken in rekening gebracht worden.

N. Bandfilter.

Gegeven een door een condensator gekoppeld stel afgestemde kringen.

Voer aan de ingang een constante stroom toe. Neem een grafiek op van de uitgangsspanning als functie van de frequentie van de toegevoerde stroom. 1. neem $C_x = 1$ kpF , dit geeft een grote (overkritische) koppeling: 2. neem $C_x = 100$ pF , dit geeft een kleine (onderkritische) koppeling. Probeer m.b.v. een ijkcondensator de waarde van C te bepalen waarvoor kritische koppeling optreedt.

R.T.
P.M.

Praktische Meettechniek

blz. 71



HILVERSUM

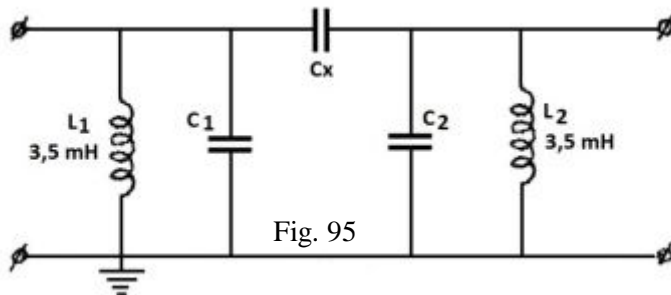


Fig. 95

De moeilijkheid die we hierbij krijgen, is dat de ijkcondensator zwevend staat, dit zal waarschijnlijk enig zg. hand-effect geven.

Voor een goed resultaat is het nodig dat de twee kringen op dezelfde frequentie zijn afgestemd. Controleer dit vóór het

meten en corrigeer indien nodig. Houd snoertjes zo kort mogelijk.

O. Buisvoltmeter.

Bepaal van een Philips millivoltmeter de ingangsweerstand en de ingangscapaciteit. Geef een indruk van de nauwkeurigheid en van de factoren die deze beïnvloeden. Tracht een zo eenvoudig mogelijke methode te vinden.

P. Gestabiliseerde voeding.

Inwendige weerstand.

Voor het meten van de inwendige weerstand van een spanningsbron zijn reeds enige methodes beschreven in meetopdracht 2, M5, blz. 8.

Deze methodes gaan alleen op als de spanningsbron een behoorlijk grote inwendige weerstand heeft. Voor een gestabiliseerd voedingsapparaat met een wat kleinere inwendige weerstand die bovendien niet altijd constant is bij verschillende belastingen, kunnen we het beste het volgende doen: Voer deze meting ook uit aan een gestabiliseerde laagspanningsvoeding van 15 of 30 V. De voeding wordt belast met een variabele weerstand, terwijl tegelijk de uitgangsspanning en de stroom door de weerstand gemeten worden. Deze twee worden uitgezet in een grafiek (I horizontaal, U verticaal). De maximale stroom van het voedingsapparaat mag niet overschreden worden. is de betreffende voeding beveiligd volgens de zg. constante stroommethode, dan zal op een gegeven ogenblik de spanning bij verder opvoeren der belasting zeer snel in elkaar zakken en tenslotte nul blijven, terwijl bij deze kortsluiting en een zg. kortsluitstroom blijft lopen.

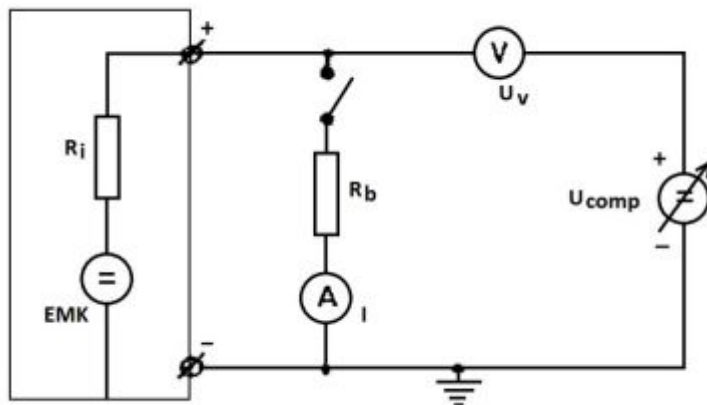
Is de verkregen grafiek recht, dan zal de inwendige weerstand gelijk zijn aan de helling van de lijn, dus $R_i = \Delta U / \Delta I$. Dit is juist omdat de spanning over de R_i evenveel toeneemt als de spanning over R_u afneemt als functie van de stroom erdoor. Heeft de grafiek een niet-lineair verloop, dan moet in een bepaald instelpunt de helling van de raaklijn aan de kromme bepaald worden, ofwel:

$R_i = \Delta U / \Delta I$. Dit wordt meestal de dynamische uitgangsweerstand genoemd.

Is de inwendige weerstand echter zeer klein zoals bij een goede gestabiliseerde voeding dikwijls het geval zal zijn, dan moet er een betere methode toegepast worden, aangezien dan de spanningsdaling dan vrijwel niet meetbaar zal zijn.

Compensatiemethode: Wanneer bij de vorige methode de meter bijvoorbeeld (bij onbelaste voeding) op 10 V staat en terug zakt tot bijvoorbeeld 9,9 V, bij belasting, dan zal het duidelijk zijn dat een dergelijke variatie niet nauwkeurig is af te lezen. We moeten een methode vinden om alleen de variatie te meten, m.a.w. de constante factor 9,9 V in beide metingen te onderdrukken. We compenseren nu deze laatste spanning van 9,9 V door in oppositie met de te meten voeding een spanningsbron te zetten die (in dit voorbeeld) op 9,9 V ingesteld moet worden. Met een spanningsmeter wordt de verschilspanning tussen de twee bronnen gemeten, nul volt dus. Wordt nu de belasting

Fig. 96



opgeheven en de spanning stijgt weer naar 10 V, dan zal de U_v -meter het verschil, dus $10 - 9,9 = 0,1$ V aanwijzen. Als de U_v -meter nu voldoende gevoelig is, dan kan deze spanning op het laagst mogelijke bereik worden afgelezen. Dus veel nauwkeuriger. Deze spanning, de spanning dus waarmee de klemspanning van de te meten voeding

vermindert, valt nu over R_i van de voeding (immers onbelast is deze weerstand spanningsloos). Hebben we tijdens het belasten ook de stroom door de belastingsweerstand en dus ook door de R_i gemeten, dan is R_i bepaald: $R_i = U_v/I_b$. Meestal wordt deze meting andersom gedaan, nl. eerst onbelast (in ons voorbeeld dus 10 V) de compensatiespanning zodanig instellen dat U_v nul aanwijst. Hierna de voeding belasten, de klemspanning wordt minder en U_v zal het verschil aanwijzen.

De eisen die aan U_v gesteld worden zijn: 1. Hij moet gevoelig genoeg zijn. 2. Hij staat zwevend geschakeld en moet hiervoor uiteraard geschikt zijn. 3. Zijn R_i moet groot zijn t.o.v. R_b , dan kan R_b namelijk niet de compensatiespanningsbron belasten.

De eis voor de compensatiespanningsbron luidt: zeer stabiel (elke variatie van deze spanning wordt namelijk door U_v aangewezen). Zijn inwendige weerstand is niet belangrijk, omdat hij geen stroom hoeft te leveren. Dikwijls wordt een batterij met eventueel een spanningsdeler gebruikt. Verricht deze meting bij een gestabiliseerde laagspanningsvoeding bij verschillende belastingen en eventueel verschillende uitgangsspanningen.

Stabiliteit.

Onder stabiliteit wordt meestal verstaan de variatie in de uitgangsspanning die optreedt als de netspanning 10% wordt veranderd. Dit laatste is te verwezenlijken met een variabele transformator, een zg. variac. De toegevoerde spanning aan de voeding kan nu nauwkeurig m.b.v. een universeelmeter op -10% ingesteld worden. De uitgangsspanning zal nu kleiner worden. Bij een goede voeding zal dit zeer weinig zijn. Om deze kleine spanningsvariatie te kunnen meten, gebruiken we weer de compensatiemethode, d.w.z. eerst bij nominale netspanning de compensatiespanning zó instellen dat U_v nul aanwijst, daarna netspanning 10% terugdraaien en op U_v het verschil aflezen. Om de stabilisatiefactor te bepalen, mogen we niet de netspanningsvariatie gedeeld door de uitgangsspanningsvariatie nemen. Dit kan met het volgende worden aangetoond.

Voeding 1.: Als de netspanning 20 V vermindert, verloopt U van 10 naar 9,9 V, dus 0,1 minder. Stabilisatiefactor zou zijn: $20/0,1 = 200 \times$.

Voeding 2.: als de netspanning 20 V vermindert, verloopt U van 10 naar 9,9 V, dus 0,1 V minder. Stabilisatiefactor zou zijn: $20/0,1 = 200 \times$. Dezelfde factor, terwijl bij de tweede voeding in verhouding de spanning veel minder in elkaar zakt. Men moet dus de verhouding van de procentuele verandering nemen:

Voeding 1: $10\%/1\% = 10 \times$; Voeding 2: $10\%/0,1\% = 100 \times$.

Verricht deze meting aan een gestabiliseerde laagspanningsvoeding.

R.T.
P.M.

blz. 73



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Bromspanning.

Een derde eigenschap die dikwijls van belang is, is de bromspanning die gesuperponeerd op de uitgangsspanning parasitair optreedt.

Daar deze spanning meestal niet sinusvormig zal zijn, moet zij m.b.v. een oscillograaf zichtbaar gemaakt worden. De top-top-waarde kan nu bepaald worden.

Verricht deze meting bij een gestabiliseerde laagspanningsvoeding.

Inwendige weerstand bij constante stroom.

De voeding wordt belast met een regelbare weerstand die zodanig laag wordt ingesteld dat de voeding in het gebied met een constante stroom werkt. De stroom door de belasting wordt gemeten en tevens de spanning erover. De weerstand wordt achtereenvolgens op twee verschillende waardes ingesteld, waarbij zowel stroom als spanning gemeten worden. De inwendige weerstand kan nu vrij eenvoudig bepaald worden: $R_i = \Delta U / \Delta I$.

Verricht deze meting aan een gestabiliseerde laagspanningsvoeding die voorzien is van de genoemde eigenschap.

Q. Gesynchroniseerde oscillograaf.

Voor het examen wordt vereist vertrouwd te zijn met de Philips oscillograaf GM 5654.

Tijdbasis.

Dit is een zg. gesynchroniseerde oscillograaf, d.w.z. dat hij voorzien is van een vrijlopende tijdbasis die door een bepaalde (synchronisatie) spanning een klein beetje beïnvloed kan worden. Ligt de synchronisatiefrequentie in de buurt van de tijdbasisfrequentie (of een veelvoud hiervan) dan kan de eerste de tijdbasis zodanig bijsturen dat hij in frequentie verspringt naar de synchronisatiefrequentie. De mate waarin wordt gesynchroniseerd is afhankelijk van de grootte van de toegevoerde spanning.

De procedure is als volgt: Probeer het beeld m.b.v. de frequentie-grofschakelaar en de frequentie-fijnpotmeter bijna stil te zetten. Zet synchronisatieschakelaar in stand "intern", d.w.z. dat de synchronisatiespanning afgetakt wordt uit de verticale versterker en dus het te meten signaal bevat, waarna de synchronisatie-amplituderegeling langzaam opgedraaid wordt tot het beeld stilstaat.

Merk op dat als de beeldhoogte vermindert de tijdbasis uit de synchronisatie loopt. Dit is dan eventueel te corrigeren door de synchronisatie-amplituderegeling verder op te draaien

Wil men de tijdbasis niet met het verticale signaal, doch met een andere spanning synchroniseren dan wordt de synchronisatie-keuzeschakelaar op extern gezet. De spanning wordt dan toegevoerd aan de betreffende stekerbussen, terwijl de grootte gewoon met de synchronisatie-amplituderegelaar bepaald kan worden. Dit extern synchroniseren doet zich bijvoorbeeld voor bij een *A. M.*-signaal. We willen hier namelijk meestal niet de hoogfrequenttrilling zichtbaar maken, maar de modulatie. De *l. f.*-modulatiespanning wordt nu extern toegevoerd en zal het beeld dus stilstaan op een veelvoud van deze modulatiespanning.

Een nadeel van het synchronisatiesysteem in het algemeen is dat wanneer de zichtbaar te maken frequentie verloopt de oscillograaf steeds bijgeregeld moet worden, wil men een stilstaand beeld verkrijgen. Bovendien moet de synchronisatiespanning een regelmatig verlopend periodiek signaal zijn.

De aflezing van de tijdbasis gaat als volgt: Stel de oscillograaf zo in dat een stilstaand beeld wordt verkregen. Lees de frequentie af bij de stappenregelaar. Deze moet vermenigvuldigd worden met de factor aangegeven bij de fijnregelaar. De uitkomst geeft ons de zaagtandfrequentie. We tellen nu het aantal periodes op het scherm en vermenigvuldigen dit met de tijdbasisfrequentie.

Het spreekt vanzelf dat deze uitkomst opgevat moet worden als een orde-grootte en geen exacte Meting

Verticale versterker.

De verticale versterker bestaat uit een wisselspanningsgekoppelde versterker.

De ingang is voorzien van een condensator, maximale gelijkspanning 400 V.

De maximale wisselspanning die op deze ingang mag worden aangesloten bedraagt 14 V (effectieve waarde van een sinusvormige spanning). Dit onafhankelijk van de stand van de verzwakker. Wordt een meting gedaan waarbij een hogere spanning voorkomt, dan kan een externe verzwakker gebruikt worden, bijvoorbeeld een Philips verzwakker 1: 20 (aangepast en alleen geschikt voor dit type oscillograaf). Het is ook mogelijk om zelf m.b.v. twee weerstanden een verzwakker samen te stellen. Eventueel kan een spanning rechtstreeks op de verticale platen aangesloten worden.

De verticale versterker is geijkt in effectieve waarde van een zuiver sinusvormige spanning.

De definitie is als volgt: Er wordt een sinusvormige spanning aangesloten terwijl de stappen- en continuverzwakker zo worden ingesteld dat de versterker maximale versterking geeft.

De toegevoerde spanning wordt zo geregeld dat het oscillogram een hoogte heeft van één cm.

Van de toegevoerde spanning wordt nu de grootte gemeten uitgedrukt in effectieve waarde.

We zeggen nu dat de gevoeligheid van de oscillograaf x V per cm is, want om een oscillogram van bijvoorbeeld twee of drie cm. te verkrijgen zal een spanning nodig zijn die twee resp. drie maal groter is dan de spanning die voor één cm benodigd is.

Weten we eenmaal de gevoeligheid, dan kan m.b.v. een willekeurig oscillogram de grootte van de aangelegde spanning bepaald worden. Is de gevoeligheid 10 mVeff./cm en we hebben een oscillogram met een totale hoogte van 5 cm, dan is de aangelegde spanning 50 mVeff.

De gevoeligheid kan zonodig gereduceerd worden met de continuverzwakker, deze knop is geijkt in gevoeligheid. Voor spanningen die een orde groter zijn en dus oversturing zouden veroorzaken, kan een stappenverzwakker gebruikt worden en wel $10 \times$ en $100 \times$.

Echter nooit de waarde van 14 Veff overschrijden.

Wordt met de oscillograaf een spanning gemeten die een andere vorm dan een sinus heeft, dan zal enige omrekening plaats moeten vinden. Bijvoorbeeld een blokspanning. Stel totale hoogte 3 cm. Ingestelde gevoeligheid 2 V/cm. Dit zou dan opleveren $3 \times 2 = 6$ V. Dit is echter de effectieve waarde van een sinus die 3 cm hoog zou zijn. Van een blokspanning willen we meestal de top-top-waarde weten, we moeten dus de effectieve waarde van de sinus omrekenen naar de top-top-waarde van de blok ofwel van een even grote sinus. De verschilfactor is $2\sqrt{2}$,

Dus de U_{tot} van de blok is gelijk aan: $2\sqrt{2} \times 6 = 16,8$ V.

Tracht zelf m.b.v. enige willekeurige spanningen uit het oscillogram de gewenste waarde te bepalen en controleer het resultaat met andere meetinstrumenten.

Metingen:

Om een goede indruk van de mogelijkheden en beperkingen van de oscillograaf te verkrijgen, moeten enige eigenschappen bekend zijn.

Tracht door meting deze zelf te bepalen:

Verticale versterker. 1. Gevoeligheid 2. Bandbreedte 3. Maximale ingangsspanning 4. Ingangsweerstand 5. Ingangscapaciteit.

Horizontale versterker. 1. Gevoeligheid 2. Bandbreedte.

Z-ingang. De benodigde spanning voor onderdrukking van het beeld.

Voor verdere bijzonderheden wordt verwezen naar de betreffende fabrieksdokumentatie.

Verder cursus R.T. M.M. blz 141 t/m 154.

Praktische Meettechniek

R. *L.F.*-spanningsversterker met transistor.

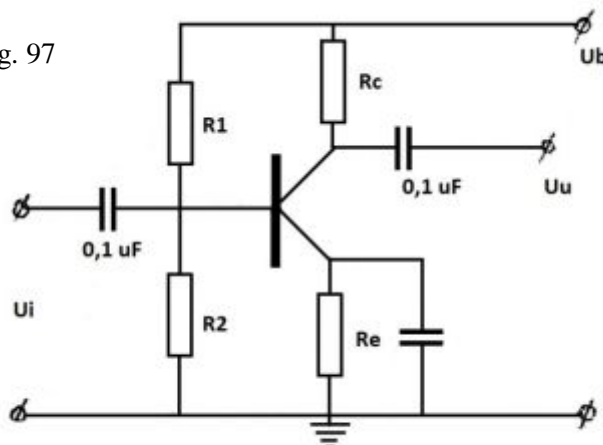
Gegeven een transistor.

Onderzoek of het een pnp of een npn-transistor is, tevens de aansluitingen.

Meet de eventueel benodigde karakteristieken en/of parameters op.

Stel nu een *l.f.*-spanningsversterker samen volgens bijgaand schema.

Fig. 97



De eisen die gesteld worden zijn:

1. versterking $10 \times$
2. voedingsspanning 6, 9 of 12 V naar keuze. Bepaal de in de schakeling voorkomende onderdelen.

Gelijkstroominstellingen.

Kies de instelstroom (collectorstroom) van de transistor. Niet te klein vanwege de uitsturingmogelijkheid; niet te groot vanwege de transistordissipatie en het stroomverbruik. Kies de collectorweerstand R_c . Niet te klein vanwege de uitsturing (in praktische toepassingen moet de schakeling dik-

wijls een bepaalde uitgangsspanning onvervormd kunnen leveren) en niet te groot om de gelijkspanningsval zo klein mogelijk te houden (zie ook de keuze van R_e).

Bovendien bepaalt R_c mede de versterking. Een benaderde waarde kan als volgt gevonden worden:

$$u_u = i_c \cdot R_c = \alpha \cdot i_b \cdot R_c = \alpha \cdot u_i / Z_i \cdot R_c ; v = \alpha R_c / Z_i \text{ en } R_c = v \cdot Z_i / \alpha.$$

Kies de gelijkspanningsval over de transistor zo klein mogelijk (zie ook de keuze van R_e) i.v.m. de toegestane collectordissipatie, maar hij moet wel de collectorwisselspanning kunnen verwerken. (denk aan de kniespanning).

Bereken nu R_e . Deze wordt bepaald door: $U_b - U_{Rc} - U_{Ce}$ en de

gekozen collectorstroom. R_e wordt zo groot mogelijk gemaakt (door U_{Rc} en U_{Ce} zo klein mogelijk te kiezen) omdat deze gelijkstroomtegenkoppeling tot gevolg heeft. Elke variatie in emitterstroom, bijvoorbeeld lekstroomveranderingen t.g.v. temperatuursvariaties of instelpuntveranderingen t.g.v. voedingsspannings- of weerstandsveranderingen zal als een tegenwerkende spanning tussen basis en emitter verschijnen en zo haar oorzaak van ontstaan trachten tegen te werken. Dit effect treedt des te sterker op naarmate R_e groter is. Bereken R_1 en R_2 . Kies de stroom door $R_1 + R_2$ bijvoorbeeld $10 \times$ groter dan de te verwachten basisstroom (ligt bij de gegeven transistor vast door de collectorstroom). Eventuele veranderingen in basisstroom zullen dan weinig effect op de spanningsdeling hebben. Te kleine R_1 en R_2 verlagen bovendien de ingangswaerstand. Anderzijds vergroot de stroom door $R_1 + R_2$ onnodig het stroomverbruik.

R_2 kan nu bepaald worden, de spanning erover is gelijk aan $U_{Re} + U_{be}$ (U_{be} is de instelspanning over de basis-emitterdiode). U_{R1} is nu gelijk aan $U_b - U_{R2}$, waaruit R_1 te berekenen valt.

Wisselstroominstelling.

De gekozen R_e heeft behalve gelijkstroom- ook wisselstroomtegenkoppeling tot gevolg. Als dit tot gevolg heeft dat de versterking te veel gedaald zou zijn, dan overbruggen we geheel of gedeeltelijk deze weerstand door een condensator. Als het kan ook zoveel mogelijk wisselstroomtegenkoppeling ter reducering van vervorming. Mocht blijken dat bij zelfs geheel overbrugde R_e de versterking nog niet genoeg is, dan moeten we een grotere R_c als uitgangspunt kiezen.

De impedantie van de condensator moet voor de laagst te versterken frequenties klein zijn t.o.v. de impedantie tussen de punten waarover hij geschakeld wordt.

Omdat o.a. de vereiste uitsturing, belasting en ingangsweerstand van een losse versterkertrap niet bekend zijn, is zo'n versterker niet met kant en klare formules te berekenen.

Bij deze eenvoudige *l.f.*-versterker wordt de spanningsterugwerking praktisch niet in rekening gebracht.

Aanwijzing: Rond weerstandswaarden altijd af op de dichtstbijzijnde waarde in de normale E-12 reeks.

Opdracht.

Bouw de versterker en verricht er alle metingen aan die noodzakelijk zijn om een indruk van de eigenschappen van de betreffende schakeling te verkrijgen. Stel een kort rapport samen met de resultaten hiervan, waarbij ook meetopstelling en meetapparatuur vermeld dienen te worden.

Metingen.

1. stroomverbruik
2. Voedingsspanning (binnen welke grenzen mag U_b veranderen zonder de goede werking der versterker te beïnvloeden, bekijk ook wat er gebeurt buiten deze grenzen)
3. uitsturing
4. Eventuele vervorming
5. Invloed van temperatuurvariaties
6. Versterking
7. frequentie karakteristiek (in $dB's$)
8. Fasekarakteristiek
9. Ingangsimpedantie
10. Uitgangsimpedantie
11. Gebruik van blokspanning.

Voor een juiste verwerking van de meetresultaten is het nodig dat de grafieken behorende bij de punten 7 en 8 in één figuur getekend worden, ook de resultaten van meting 11 dienen m.b.v. de bedoelde figuur bekeken te worden.

Bij deze metingen wordt de toongenerator rechtstreeks op de schakeling aangesloten. Blijkt nu dat de uitgangsspanning te veel vervormd is, dan wordt dit veroorzaakt door de kromming van de ingangskarakteristiek. Dit kan voorkomen worden door in plaats van een constante spanning een constante stroom toe te voeren. Zet hiertoe een grote weerstand in serie met de generator $R \gg R_i$, bijvoorbeeld $100\text{ k}\Omega$.

S. Emittervolger.

Bouw met een gegeven willekeurige *l.f.*-transistor een emittervolger volgens bijgaand schema.

Bepaal uit de gegevens van de fabrikant de benodigde eigenschappen (karakteristieken en/of

parameters), eventueel meet u ze zelf op.

Neem de voedingsspanning 10 V.

Kies de instelling van de transistor, bijvoorbeeld $U_{ce} = 4\text{ V}$, $I_c = 5\text{ mA}$.

Het is nu mogelijk R_e uit te rekenen.

De gewenste gelijkstroominstelling kan nu

verkregen worden door R_b te bepalen.

Verricht aan de schakeling de volgende

Metingen:

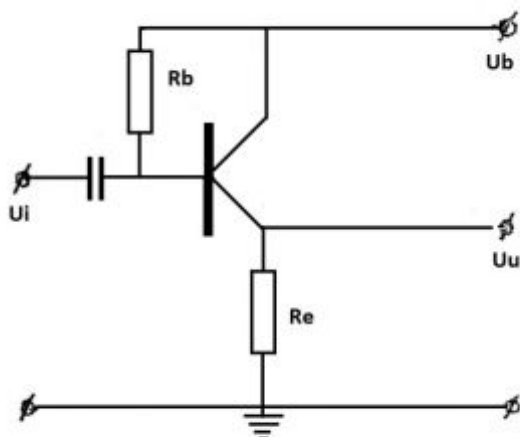


Fig. 98

1. de versterking, onderzoek ook de frequentieafhankelijkheid hiervan en bepaal de bandbreedte
2. Fasekarakteristiek (teken in dezelfde figuur)
3. Ingangsweerstand
4. Uitgangsweerstand (Denk er om dat de schakeling alléén uit het oogpunt van wisselspanning belast mag worden, zet daarom in serie met de belasting een condensator die wel zodanig berekend dient te worden dat hij als impedantie niet meetelt.)
5. uitstuurbaarheid, ook als de schakeling belast wordt met een weerstand $R = R_i$.



Praktische Meettechniek

T. Resonantiekromme.

Er wordt gevraagd van zowel een serie- als een parallelkring een resonantiekromme op te meten, d.w.z. het verloop van $|Z|$ als functie van de frequentie.

Hiervoor zijn verschillende meetmethodes beschikbaar. 1. Met constante spanning. $I = U/|Z|$, waardoor I omgekeerd evenredig is met $|Z|$ en dus het verloop van $|Z|$ als functie van f aangeeft. De stroom door de kring moet dus gemeten worden. 2. Met constante stroom. $U = I \cdot |Z|$, waardoor U evenredig is met $|Z|$ en dus rechtstreeks het verloop van $|Z|$ als functie van f aangeeft.

De spanning over de kring moet dus gemeten worden.

Algemene regel: gebruik liever geen stroommeter, deze zijn in het algemeen alleen geschikt voor lagere frequenties en komen dus alleen ter sprake bij zeer laag-frequent kringen.

In het algemeen proberen we methodes te vinden waarbij de meetinstrumenten de te meten kring zo weinig mogelijk beïnvloeden, dit zowel uit het oogpunt van weerstand als capaciteit.

Een andere regel is dat we altijd zoveel mogelijk proberen een maximum af te lezen, omdat minima dikwijls versluierd worden door parasitaire componenten zoals harmonischen en/of bromspanning.

Voorbeelden: 1. Seriekring met constante stroommethode. De component met f_0 over de kring wordt onderdrukt, de meter geeft een minimum aan. Voor andere frequenties echter is de kring niet laag-impedant, waardoor deze (in verhouding) veel sterker in de meterspanning aanwezig zijn.

2. parallelkring met constante spanningsmethode. De component met f_0 staat bij resonantie praktisch geheel over de kring, de meter wijst een minimum aan. Andere componenten ondervinden echter niet zo'n hoge kringimpedantie en komen in een veel grotere verhouding voor in de meteraanwijzing.

Oplossing: een selectieve voltmeter.

Neem een resonantiekromme op van 1. Seriekring 2. Parallelkring, beide met zowel constante spanning als constante stroommethode.

Formuleer bij elke meting duidelijk het eventuele gebruik van extra weerstanden in de schakeling en de dimensionering ervan.

U. Transistorparameters.

Statische methode.

Meet van een gegeven emitterschakeling transistor BC 107 (of een equivalent type) in geaarde emitterschakeling de vier karakteristieken op. Bedoeld wordt de grafieken die het verband aangeven tussen: U_{be} en I_b ; I_b en I_c ; I_c en U_{ce} ; U_{ce} en U_{be} .

Teken de karakteristieken in de gebruikelijke vorm in één figuur.

Bepaal uit de vier grafieken nu de parameters:

$h_{11}' (h_{ie})$; $h_{21}' (h_{fe}, \alpha, \alpha_E)$; $h_{12}' (h_{oe})$ en $h_{12}' (h_{re})$.

Bedoeld wordt de statische methode, d.w.z. in de grafiek letterlijk de definitie der parameters toepassen dus kleine stroom- en spanningsveranderingen nemen.

Dynamische methode.

Bij deze methode wordt de transistor met vaste gelijkspanningen ingesteld, terwijl de veranderingen teweeg gebracht worden met wisselspanning en –stroom, die dan zo klein moeten zijn dat de kromming der karakteristieken nog geen rol speelt.

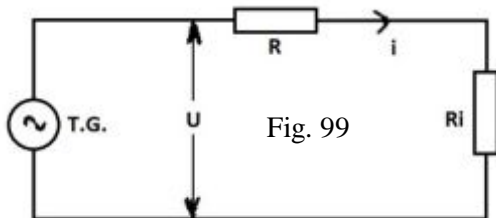
Omdat we nu niet alleen met gelijkspanningen werken, moeten we eerst een geschikte schakeling samenstellen, waarbij zowel voor een gelijkspannings- als een wisselspanningsinstelling, onafhankelijk van elkaar, zorg wordt gedragen.

Stroomversterkingsfactor. Definitie: $h_{fe} = \Delta I_c / \Delta I_b$ (U_{ce} constant), ofwel: $h_{fe} = i_c / i_b$ ($u_{ce} = 0$).

Allereerst zullen we moeten zorgen voor een in te stellen kleine wisselstroom i_b (onafhankelijk van de ingangseigenschappen van de transistor). Sluiten we zonder meer een spanninggenerator op de ingang aan, dan wordt hieraan niet voldaan. We kiezen dus voor een constante stroom.

Deze kan als volgt verkregen worden. schakel een weerstand in serie met de spanninggenerator.

$$i = u/R + R_i.$$



u is constant, dus als $R \gg R_i$, dan is i constant en dus onafhankelijk van de belasting. We hebben nu een constante instelbare i_b verkregen. Rest dus nog i_c te meten.

Aangezien deze i_c gesuperponeerd voorkomt op I_c zal een wisselstroommeter in serie met de collector bezwaren opleveren.

Hij zal namelijk een combinatie van beide aan gaan wijzen.

We kunnen nu het beste een kleine weerstand nemen waarover de wisselspanning wordt gemeten, bijvoorbeeld met een millivoltmeter.

Gelijkstroominstelling. Om te beginnen, zetten we een grote condensator in serie met R_2 (bij de te meten frequentie moet $1/\omega C$ klein zijn t.o.v. R_2), want we willen geen gelijkstroom door R_2 , noch mag de

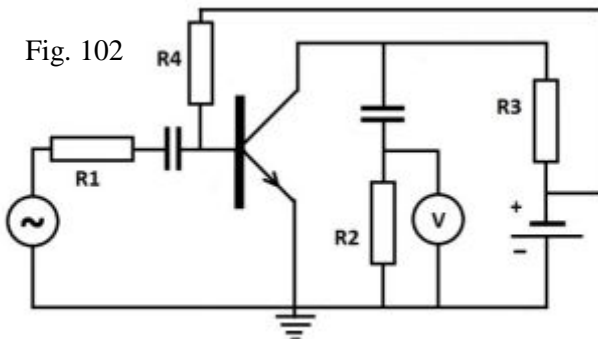
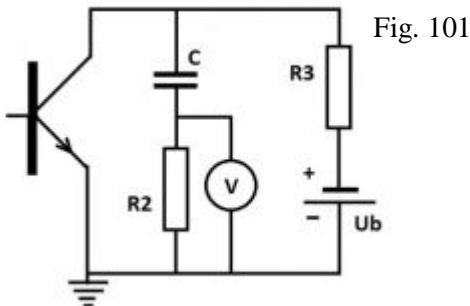
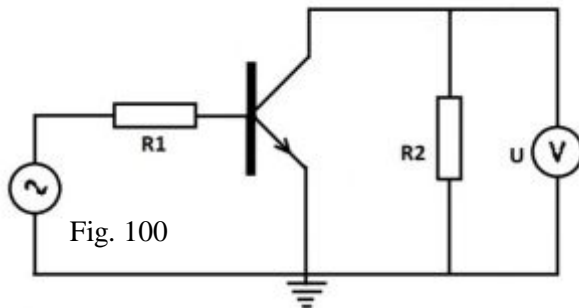
gelijkstroominstelling afhankelijk zijn van R_2 . We mogen U_b niet rechtstreeks op de collector aansluiten, want dan sluiten we via i_c de batterij kort naar aarde en zal er over R_2 geen spanning meer staan.

We zetten daarom in serie met U_b een grote weerstand R_3 ($R_3 \gg R_2$). Hierna instelling van de basis gelijkstroom. Om de basis positief te krijgen t.o.v. de emitter wordt hij via R_4 aan de voedings-

spanning gelegd.

Ofschoon dit geen stabiele instelling geeft, is het niet van belang vanwege het feit dat het slechts een eenmalige meting is. Er mag geen gelijkstroom door de wisselspanningsbron lopen, dus zetten we in serie met R_1 een grote condensator.

($1/\omega C \ll R_1$). Voorbeeld van een dimensionering van een meetopstelling: Van een gegeven transistor verwachten we dat α_E zal liggen tussen 50 en 100. We nemen de normale instelling van I bijvoorbeeld 2 mA. Als we de gemiddelde waarde van α_E 100 stellen, dan kunnen we een I_b verwachten van 20 μA . Nu kan R_4 berekend worden. $R_4 = U_b/I_b$. Indien U_b 12 V gesteld wordt, levert dit op 600 k Ω , afgerond 470 k Ω op. De werkelijke I_b wordt dan 24 μA . Voor een maximale α_E van 200 wordt I_c nu 4,8 mA.



200. We nemen de normale instelling van I bijvoorbeeld 2 mA. Als we de gemiddelde waarde van α_E 100 stellen, dan kunnen we een I_b verwachten van 20 μA . Nu kan R_4 berekend worden. $R_4 = U_b/I_b$. Indien U_b 12 V gesteld wordt, levert dit op 600 k Ω , afgerond 470 k Ω op. De werkelijke I_b wordt dan 24 μA . Voor een maximale α_E van 200 wordt I_c nu 4,8 mA.

Praktische Meettechniek

Deze stroom zal door de transistor gevoerd moeten kunnen worden. Stellen we U_{ce} 6 V, dan moet over R_3 ook 6 V vallen. Bij een maximale I_c van 4,8 mA dus 1,2 k Ω . Door hier de maximum waarde van I_c te nemen, zijn we er zeker van dat ook wanneer I_c lager uitvalt er toch een behoorlijke spanning over de transistor staat.

Er wordt een I_b verwacht van 24 μA , i_b moet dus veel kleiner zijn om niet voor momentele waarden van $i_b = \hat{i} \sin \omega t$ het geval $I_b - i_b = 0$ te krijgen. Bovendien hebben we gezien dat uit het oogpunt van nauwkeurigheid de veranderingen zo klein mogelijk moeten zijn. Neem bijvoorbeeld aan $\hat{i}_b = 10 \mu A$. Als R_1 nu 100 k Ω is, is een generatorspanning benodigd van 1 V.

De minimale i_b die we kunnen verwachten treedt op voor $\alpha_E = 50$, dit levert een $\hat{i}_c = \frac{1}{2} mA$ op. Deze stroom moet liefst in zijn geheel door R_2 lopen, we kiezen R_2 dus veel kleiner dan R_3 , bijvoorbeeld 100 Ω .

U_{R2} is dan 50 mV hetgeen te meten is.

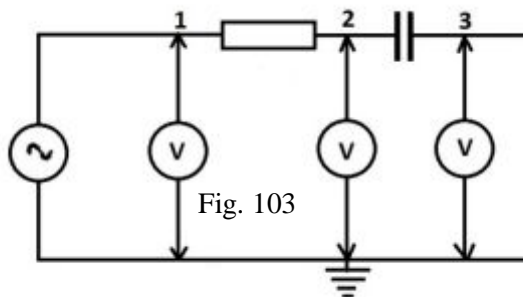


Fig. 103

Uitvoering van de meting:

i_b kan bepaald worden door de spanning over R_1 te meten. Universeelmeters hebben voor kleine wisselspanningen meestal een te kleine inwendige weerstand. We kiezen daarom een buisvoltmeter, waarmee echter niet zwevend gemeten mag worden. De meting wordt daarom als volgt uitgevoerd. (fig. 103).

We meten de spanning tussen punt 1 en aarde, daarna tussen punt 2 en aarde.

Het verschil ertussen levert U_{R1} op. Mocht C niet groot genoeg zijn, dan kan ook de spanning op punt 3 gemeten worden, $1/\omega C$ wordt dan verdisconteerd met R_1 . Als $R_4 \gg R_1$ dan is $i_b \approx i_{R1}$, dus: $i_b = u_{R1}/R_1$. $i_c = u_{R2}/R_2$, waarna h_{fe} te bepalen is.

De invloed van R_3 en R_4 kan verminderd worden door deze weerstanden bijvoorbeeld tien maal groter te kiezen. De consequentie is dat de voedingsspanning ook evenredig groter moet worden, bijvoorbeeld 100 V.

Ingangsweerstand. Definitie: $h_{ie} = \Delta U_{be}/\Delta I_b$ (U_{ce} constant), ofwel: $h_{ie} = u_{be}/i_b$ ($u_{ce} = 0$).

Uit de reeds genoteerde meetresultaten bij de meting van h_{fe} kan rechtstreeks h_{ie} berekend worden. Door op punt 3 de wisselspanning te meten is u_{be} bekend, terwijl i_b reeds bepaald was. R_2 was zeer klein gekozen, bij deze meting kan hij echter zonder meer worden kortgesloten zodat u_{ce} (op $u_1/\omega C$ na) nul zal worden.

Uitgangsadmittantie. Definitie: $h_{oe} = \Delta I_c/\Delta U_{ce}$ (I_b constant), ofwel: $h_{oe} = i_c/u_{ce}$ ($i_b = 0$).

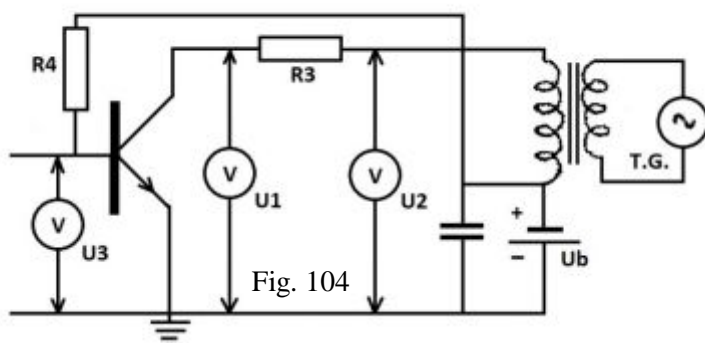


Fig. 104

De weerstand R_4 was zeer groot gekozen waardoor we mogen stellen $i = 0$.

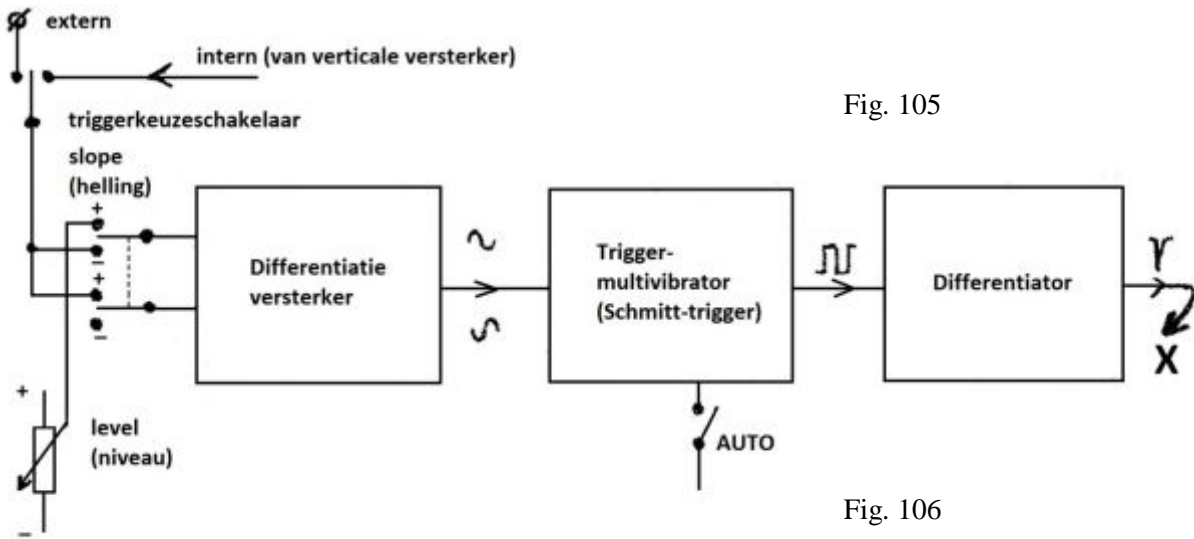
Behalve een U_{ce} , die bepaald wordt door U_b en R_3 , wordt er ook een wisselspanning aan de collector toegevoerd. Om de generator niet zwevend te schakelen wordt een trafo gebruikt. De toegevoerde u_{ce} moet klein zijn t.o.v. U_{ce} , dus stel de generator zo in dat de secundaire spanning bijvoorbeeld $1V_{t-t}$ is.

De gemeten u_1 is gelijk aan u_{ce} . i_c kan bepaald worden uit de spanningsval over R_3 .
 $u_{R3} = u_2 - u_1$. Denk om de nauwkeurigheid (vooral als u_{R3} klein is), daarom achtereenvolgens voor u_1 en u_2 dezelfde meter gebruiken. h_{oe} is nu te bepalen.
 Terugwerkingsfactor. Definitie: $h_{re} = \Delta U_{be} / \Delta U_{ce}$ (I_b constant), ofwel $h_{re} = u_{be} / u_{ce}$ ($i_b = 0$).
 Er wordt dezelfde meetopstelling gebruikt als bij de vorige meting.
 Nu echter u_1 en u_3 aflezen, waaruit h_{re} te berekenen is.

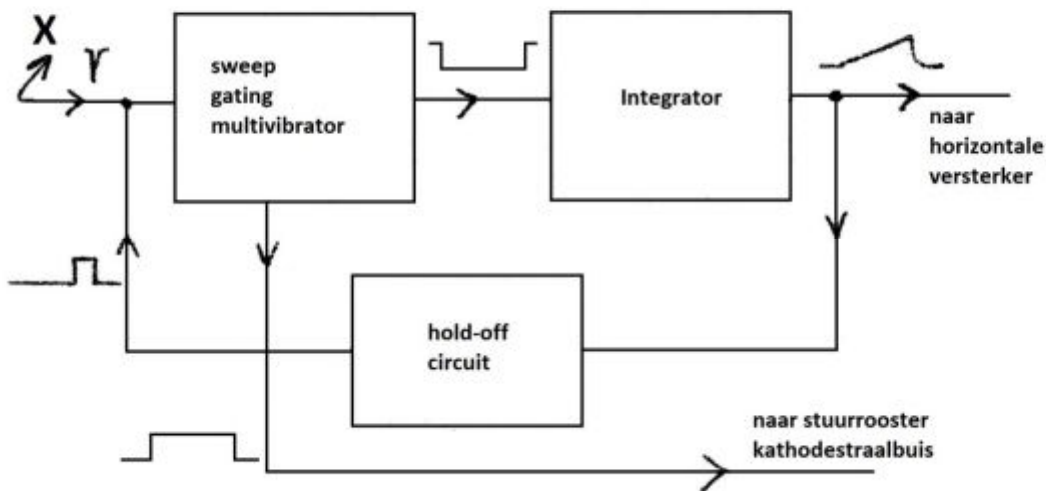
V. Getriggerde oscillograaf.

Tijdbasis.
 Blokschema met bijbehorende spanningvormen.

Triggerimpulsvormer:

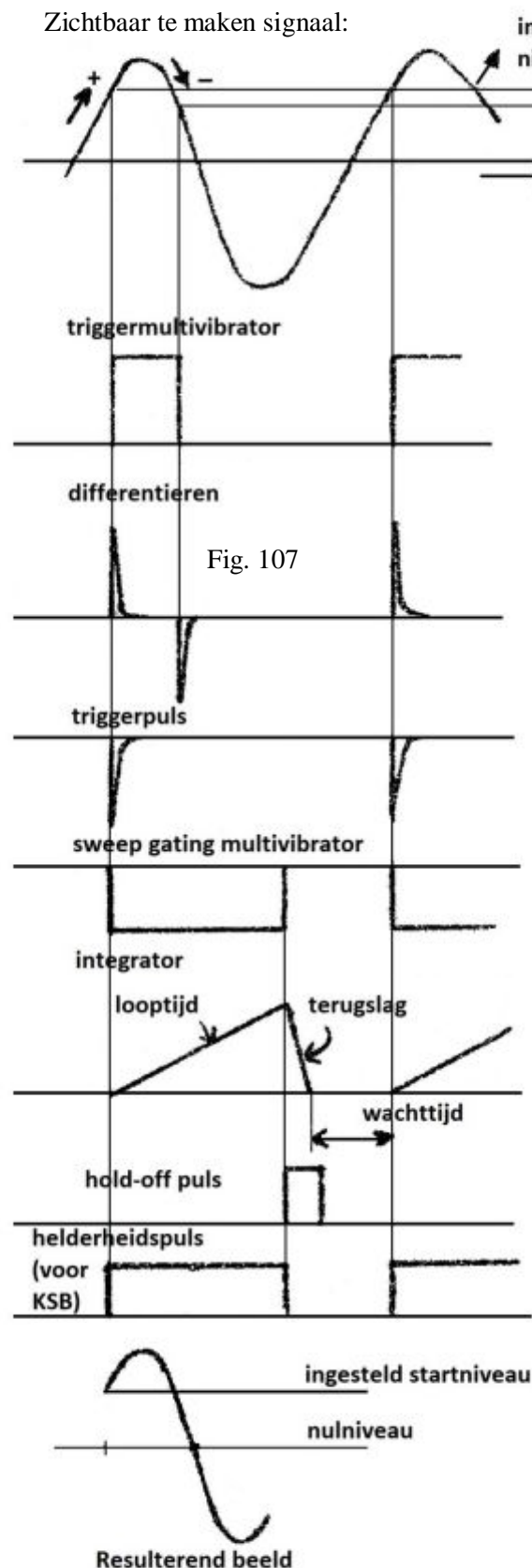


Zaagtandgenerator:



Voor de diverse spanningvormen als functie van de tijd zie de volgende figuur.

Praktische Meettechniek



Als de tijdbasisgenerator wordt aangesloten ontstaat er een horizontale afbuigspanning met de vorm van een zaagtand. De generator loopt niet uit zichzelf en wordt niet "gesynchroniseerd" door de te meten spanning, doch wordt telkens gestart op het juiste moment door de te meten spanning zelf. Dit geeft nu een stilstaand beeld. De snelheid waarmee de stip van links naar rechts gaat, kan worden ingesteld en wordt looptijd genoemd (geijkt in tijd per cm beeldbreedte). De tijdbasisgenerator kan men dus beschouwen als een zaagtandgenerator, waarvan de looptijd wordt bepaald door de stand van de knop "tijd/cm" (de ingeschakelde RC-tijd), doch waarbij het startmoment wordt bepaald door de signaalspanning. In de tijd tussen de terugslag van de zaagtand en het volgende startmoment staat de tijdbasisgenerator in wachtpositie.

De triggerimpulsen die de tijdbasisgenerator starten worden gevormd in de triggerimpulsvormer. De signaalspanning die kan worden afgenomen van de Y-versterker of extern kan worden toegevoerd, kan vele verschillende vormen hebben. Zou deze spanning rechtstreeks aan de tijdbasisgenerator worden toegevoerd, dan kan deze onregelmatig werken. De triggerimpulsvormer bevat een schakeling die hierop wel kan reageren en smalle pulsen vormt die de tijdbasis starten. Bovendien bevat deze een omschakelaar die het mogelijk maakt, of op de positieve- of op de negatieve flanken van de signaalspanning te triggeren. (de tijdbasisgenerator reageert alleen op de negatieve triggerimpulsen).

De schakeling die de triggerimpulsen vormt, is een multivibrator (Schmitt-trigger), die door de inkomende signaalspanning wordt geschakeld, d.w.z. "aan" door de positieve periodehelft en "uit" door de negatieve.

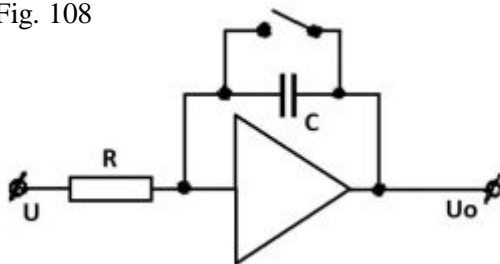
Bij een bepaalde grootte van de triggerspanning begint de multivibrator te werken. Blijft de spanning dan ook beneden een bepaalde waarde, dan zal de generator niet gestart worden en er ontstaat dus geen tijdbasislijn.

In de stand "AUTO(matisch)" is de multivibrator zodanig ingesteld dat hij zelf oscilleert in een frequentie van $\pm 25 \text{ Hz}$. Als echter een signaal wordt toegevoerd, gaat de multivibrator in de frequentie van dit signaal meelopen. In deze stand kan men met de minste moeite een bruikbaar beeld vinden. Tevens nuttig voor algemeen gebruik.

Hierbij is geen niveauregeling mogelijk. De multivibrator werkt dan ook bij een vast niveau. Het startniveau wordt automatisch zo ingesteld dat bij iedere spanning van meer dan $\frac{1}{2} \text{ cm}$ beeldhoogte de juiste startpulsen via een condensator de tijdbasis sturen. Bij afwezigheid van een te meten spanning blijft de tijdbasis zich herhalen met lage frequentie. Hieruit blijkt dan dat tijdbasis en startcircuits normaal functioneren.

De tijdbasisspanning doet de lichtstip met constante snelheid van links naar rechts bewegen. De grootte van deze snelheid kan in stappen worden ingesteld met een keuzeschakelaar (*time/cm*); bij iedere stap is de tijd per cm beeldbreedte vermeld.

Fig. 108



De tijdbasisgenerator bestaat uit een elektronische integrator (Miller-integrator), die een constante spanning U afkomstig van de sweep gating multivibrator (SGM), integreert. Hierbij wordt een integrator condensator C met een constante stroom opgeladen via een weerstand R volgens:

$$U_0 = \frac{1}{RC} \int_0^{-t} U dt = \frac{U}{RC} t .$$

De tijdbasis wordt gestart op het tijdstip $t = 0$ door het beschikbaar komen van de SGM-spanning en gestopt doordat de SGM-spanning ophoudt, terwijl m.b.v. een multivibrator (triggerschakeling) de integreercondensator wordt ontladen en het lichtpunt terugkeert naar de beginstand links op het scherm. De trigger wordt automatisch bediend wanneer de tijdbasisspanning haar maximale waarde heeft bereikt (lichtpunt uiterst rechts op het scherm). De SGM komt dan weer in zijn uitgangsstand terug. De elektronische schakelaar (trigger) die de C ontlad, produceert tevens een zg. hold-off-puls die een zodanige breedte heeft dat hij bij elke ingestelde looptijd langer is dan de onlaadtijd. Deze hold-off-puls wordt teruggevoerd naar de ingang van de SGM en blokkeert deze ingang dan.

Zolang de SGM in de stand staat waarbij hij een uitgangsspanning levert, reageert hij niet op triggerpulsen. Deze tijd wordt nu kunstmatig verlengd door de hold-off-puls. Zou de tijdbasis namelijk opnieuw gestart worden tijdens de terugslag, dan zouden verschillende beelden door elkaar zichtbaar worden. Na de hold-off-puls is de SGM weer ontvankelijk voor triggerpulsen en kan er dus opnieuw gestart worden.

De tijd tussen het moment dat de stip in zijn uitgangspositie is teruggekeerd tot het moment dat een nieuwe triggerpuls arriveert, wordt wachttijd genoemd.

In tegenstelling met wat verwacht zou worden staat de kathodestraalbuis normaal met onderdrukt beeld ingesteld. Er is dus geen stip zichtbaar. De tijdbasis zorgt nu voor een positieve puls die een zodanige amplitude heeft dat er een zichtbaar beeld ontstaat. Deze puls wordt uit de SGM afgeleid en duurt even lang als de looptijd van de tijdbasis. Tijdens de terugslag en de wachttijd is er dus geen beeld. Om van een periodieke spanning een stilstaand beeld op het scherm te verkrijgen, moet de tijdbasis steeds op een vastgesteld punt van het golfverschijnsel opnieuw gestart worden, zodat het beeld voortdurend op dezelfde plaats herschreven wordt.



Praktische Meettechniek

Het startmoment kunnen we dus zelf kiezen door instelling van:

1. triggerkeuzeschakelaar. De volgende mogelijkheden kunnen aanwezig zijn:

- a. inwendig (internal triggering; int.) De startpulsen voor de tijdbasis worden in de oscillograaf zelf van de verticale versterker afgetakt en dus van de te meten wisselspanning. Toe te passen voor wisselspanningen met voldoende beeldhoogte (minimaal $\pm \frac{1}{2} \text{ cm}$).
- b. Uitwendig (external triggering; ext.) De startpulsen moeten van buitenaf toegevoerd worden vanuit een spanningsbron aan te sluiten op de externe triggeringang. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast wanneer men met een andere spanning wil triggeren dan het verticale signaal en bij eenmalige verschijnselen.
- c. netspanning; (line.) De startpulsen worden intern van de netspanning afgeleid. Dit dient voor het weergeven van spanningen die een vaste verhouding tot de netfrequentie hebben. Hiermee kan tevens worden nagegaan of een stoorspanning van de netfrequentie afkomstig is, dan moet nl, met deze methode een stilstaand beeld kunnen worden verkregen..

2. Het punt waar het beeld moet beginnen.

- a. helling (slope.) Hiermee kunnen we kiezen of het beeld moet beginnen op een stijgende flank (+) of op een dalende flank (-).
- b. niveau (level.) Door middel van deze regeling kan de plaats op de gekozen flank, waar het beeld moet beginnen, continu worden ingesteld. De startpuls voor de tijdbasis wordt geformeerd bij het snijpunt van de gekozen stijgende of dalende flank van de te meten spanning met het ingestelde startniveau (een continu regelbare gelijkspanning + 0 -).

Ligt het startniveau boven de toppen van het beeld of beneden de dalen, dan wordt er geen triggerpuls geformeerd zodat de tijdbasis niet start en er geen beeld verschijnt. Dit houdt in dat steeds moet worden begonnen met gemiddeld niveau nul, daar anders bij kleine spanningen het beeld onvindbaar blijft. Dan kan uitgegaan worden van de stand AUTO(matisch). Voor normaal regelmatig verlopende periodieke signalen kan eigenlijk altijd uit het oogpunt van eenvoud van de stand AUTO gebruik gemaakt worden. Wanneer de te meten spanning op bepaalde niveaus enige tijd constant is, wordt het snijpunt met het ingestelde niveau onbepaald. De startpuls ontstaat dan aan het begin of eind van zo'n horizontaal gedeelte. Dit leidt bij het observeren van blokspanningen en pulsen met zeer steile flanken tot het nadeel dat zo'n flank bij het begin van het beeld niet goed met zijn gehele omgeving kan worden weergegeven. Om dit te ondervangen zijn sommige oscillografen voorzien van een vertragingnetwerk of -lijn (delay line), opgenomen in de verticale versterker, waardoor het beeld verticaal later begint te schrijven dan het toegevoerde signaal en de bijbehorende triggerpuls. Het verschijnsel arriveert dan aan de verticale afbuigplaten enige tijd na het starten van de tijdbasis, waardoor de gehele beginflank in het beeld wordt opgenomen. Dit is vooral van belang bij éénmalige verschijnselen .

Dit is vooral van belang bij éénmalige verschijnselen .

3. gelijk- of wisselspanningskoppeling.

- a. DC-koppeling. Het startniveau nul ligt op halve hoogte van het scherm, onafhankelijk van plaats en vorm van het beeld, dus ook van de verticale verschuiving.
- b. AC-koppeling. Er is nu een seriecondensator opgenomen waarlangs de triggerpulsen moeten passeren. Het startniveau nul ligt op de gemiddelde waarde van de beeldhoogte. De startinstelling is onafhankelijk van de verticale verschuiving van het beeld. deze methode wordt bij de meeste kleinere oscillografen toegepast.

Controleer zelf m.b.v. de figuur "spanningsvormen als functie van de tijd."

1. dat bij verschuiving van het triggerniveau de tijdbasis start op een ander tijdstip (naar keuze zowel bij een positieve als een negatieve momentele waarde van de spanning) en dat de kromme op het beeld verschuift.
2. dat als de 'slope' wordt omgekeerd er vanaf de negatief lopende- in plaats vanaf de positief lopende helling wordt gestart.

- Bedenk dat de toegevoerde spanning aan de Schmitt-trigger nu 180° wordt gedraaid.
3. Dat als de grootte van de toegevoerde spanning aan de triggerschakeling (en dus de beeldhoogte) beneden een bepaalde waarde blijft, de tijdbasis niet meer start en dat dit laatste ook gebeurt als het triggerniveau boven- of beneden een bepaalde waarde wordt gebracht.
 4. Dat als de looptijd (ofwel helling van de zaagtand) kleiner ingesteld wordt, er een gedeelte van een periode zichtbaar wordt op het scherm (echter wel telkens weer hetzelfde gedeelte) en als de looptijd groter ingesteld wordt er een aantal periodes tegelijk zichtbaar wordt. Aflezen van de tijdbasis.

De tijdbasis zorgt ervoor dat de stip met een constante (instelbare) snelheid van links naar rechts loopt. De regelorganen die deze snelheid bepalen, zijn dan ook geijkt in looptijd, d.w.z. tijd (time) per cm of per schaaldeel (division) uitgedrukt in: sec, msec en μsec per cm of div. (ook wel s, ms en μs). Bij de meeste oscillografen is de continuegelaar niet geijkt. Wil de ijking van de stappen-schakelaar kloppen, dan moet de knop "continu" helemaal rechtsom worden gedraaid in de stand $\times 1$ of cal(ibrated), d.w.z. geijkt. Het is nu mogelijk de tijdafstand tussen twee verschijnselen rechtstreeks in seconden af te lezen. Hierbij dienen we enige definities af te spreken.

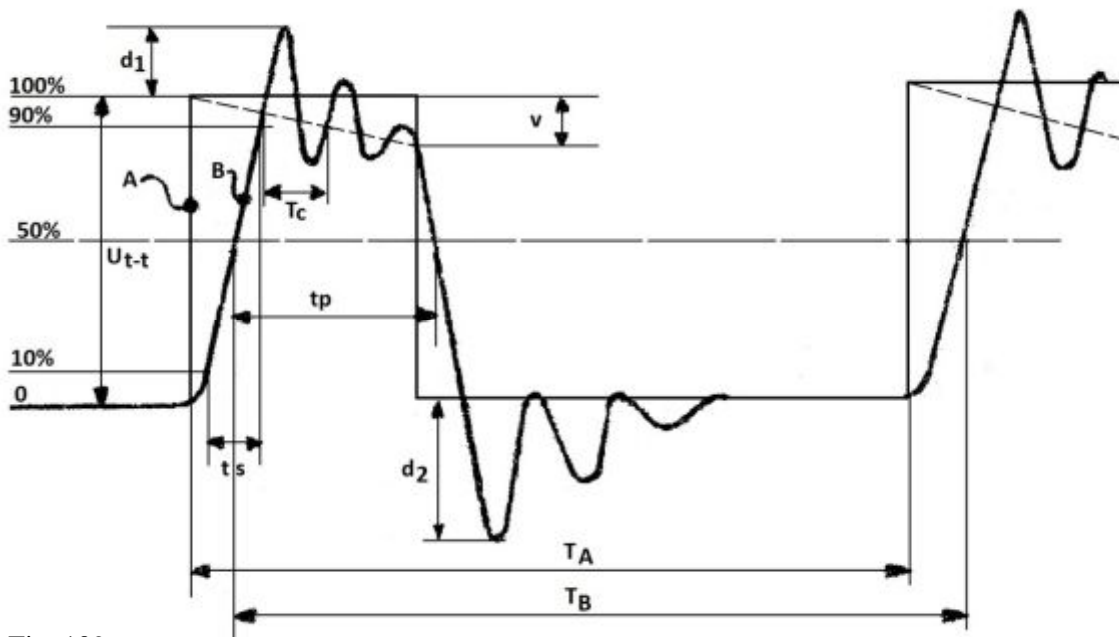


Fig. 109

Stel dat we signaal A (een geïdealiseerde pulsspanning aansluiten op een of ander netwerk dat aan zijn uitgang te zien geeft een spanningsverloop volgens B (fig.109).

Hierbij is t_s = stijgtijd (risetime); t = pulsduur (pulse length); v = val (drop, sag) d_1 = doorschot, positief (overshoot); d_2 = doorschot, negatief (backswing); T_A = periodetijd van spanning A; T_B = periodetijd van spanning B; T_C = periodetijd van de gedempte trilling; U_{t-t} = grootte van de puls uitgedrukt in volts.

Deze definities zijn onafhankelijk van een eventuele gelijkspanningscomponent, m.a.w.: of het aardniveau samenvalt met het nulniveau van deze puls.

Op grond van de definitie van de stijgtijd is het verband tussen de stijgtijd en de bovenste grensfrequentie (zuivere sinus) : $t = 1/2,8 f$. bijvoorbeeld: Bandbreedte van de verticale versterker 10 MHz, t_s is dan $\approx 35 \text{ ns}$, hetgeen betekent dat bij aansluiting van een ideale pulsspanning de verticale versterker deze puls vervormt tot een met een stijgtijd van 35 ns.

R.T.
P.M.

blz. 85



HILVERSUM

Praktische Meettechniek

Onder de frequentie wordt verstaan het aantal perioden per seconde $f = 1/T$.

Weten we de periodetijd, dan is f te berekenen. Daar de tijdas geijkt is in tijd/cm of div. kunnen we de tijd aflezen die nodig is om één periode van het betreffende signaal te doorlopen.

Voorbeelden:

We hebben een driehoekspanning en willen de stijgtijd meten. De oscillograaf wordt zo ingesteld dat een stilstaand beeld wordt verkregen. Continueregelaar in stand $\times 1$; looptijdenschakelaar in stand $2 \mu\text{s}/\text{cm}$. Bepaal de punten op de helling die behoren bij 10% en 90% van de amplitude. Projecteer deze op de horizontale as en meet de afstand in cm. op tussen de twee projecties, bijv. 3 cm. Dan is de stijgtijd van deze spanning $3 \times 2 = 6 \mu\text{sec}$.

We hebben een sinusvormige spanning en willen er de frequentie van meten. De oscillograaf wordt zo ingesteld dat een stilstaand beeld wordt verkregen, bijvoorbeeld drie volledige sinussen, verdeeld over zes cm. Continueregelaar in stand $\times 1$; looptijdenschakelaar in $10 \text{ msec}/\text{cm}$.

We meten de lengte van één periode op: 2 cm. De periodetijd is dus $2 \times 10 = 20 \text{ ms}$. Hieruit volgt: $f = 50 \text{ Hz}$.

Horizontale vergroting.

Sommige oscillografen zijn voorzien van een mogelijkheid om het beeld horizontaal met een factor (meestal $5 \times$) te vergroten, d.w.z. dat de horizontale versterker $5 \times$ meer versterkt. Het beeld krijgt nu als het ware een breedte van $5 \times$ de schermdiameter, waarvan alleen het middelste gedeelte zichtbaar is. De knop voor horizontale verschuiving (X -shift) heeft een zodanig regelbereik dat elk willekeurig deel van de spanning zichtbaar kan worden. Op deze manier kan een oscillogram horizontaal uitgerekt worden om bepaalde gedeeltes nauwkeuriger te kunnen bestuderen. Het probleem is echter de ijking in looptijd. Is het beeld $5 \times$ zo breed en de looptijd op een bepaalde waarde ingesteld, dan zal de stip in dezelfde tijd van helemaal links naar helemaal rechts gaan (immers alleen de horizontale versterking is opgevoerd), m.a.w. om in dezelfde tijd een $5 \times$ grotere weg af te leggen, $5 \times$ zo snel lopen. De looptijd is dus $5 \times$ zo groot (dikwijls te herkennen aan een vermindering van de intensiteit). De afgelezen geijkte looptijd moet nu door vijf gedeeld worden. Alléén in de meest linkse stand (cal) van de knop X -MAGN(ifier) is ijking van de looptijd geldig. De stand $\times 5$ is bij sommige oscillografen niet geijkt.

Verticale versterker:

De verticale versterker is gelijkspanningsgekoppeld, d.w.z. dat alle trappen direct, dus zonder tussenschakeling van scheidingscondensatoren, met elkaar gekoppeld zijn. Dit houdt in dat gelijkspanningsvariëaties aan de ingang versterkt aan de uitgang tevoorschijn komen. Een positieve gelijkspanning zal de stip (lijn) naar boven bewegen, een negatieve naar beneden. De frequentie-karakteristiek loopt dus recht vanaf 0 Hz . Dit heeft tot voordeel dat wisselspanningen met een zeer lage frequentie, bijv. $0,01 - 1 \text{ Hz}$, wat in feite variërende gelijkspanningen zijn, normaal zichtbaar worden.

Ook wisselspanningen met een hogere frequentie gesuperponeerd op een gelijkspanning kunnen als geheel zichtbaar worden gemaakt. Dit heeft echter het volgende probleem. Als de wisselspanningscomponent in verhouding klein is t.o.v. de gelijkspanning dan moet de ingestelde gevoeligheid afgestemd zijn op de gelijkspanningscomponent, wil het beeld niet buiten het scherm vallen. De wisselspanningscomponent zal nu nauwelijks te bekijken zijn. Is de onderlinge relatie van wissel- en gelijkspanning niet belangrijk, dan kan gebruik worden gemaakt van wisselspanningskoppeling d.m.v. een aparte stekkerbus AC of een schakelaar $AC - DC$. Er wordt nu een koppelcondensator tussen geschakeld. De gelijkspanningscomponent wordt onderdrukt en de wissel-

spanning wordt alleen om de nul-as heen zichtbaar. De gevoeligheid kan nu verder opgedraaid worden tot er een bruikbaar beeld is te zien. Daar een grote gelijkspanning op een gevoelige stand schadelijk kan zijn, wordt aangeraden in de ongevoeligste stand te beginnen. Tijdbasis op AUTO gebruiken. (Als er geen tijdbasislijn zichtbaar is, kan een eventuele gelijkspanning niet beoordeeld worden, is de gesuperponeerde wisselspanning namelijk klein, dan zal de tijdbasis nog niet triggeren). Dikwijls is de gelijkspanningscomponent niet belangrijk, dan altijd de AC-ingang gebruiken. Bijvoorbeeld de anodewisselspanning van een buis. Bij lagere frequenties ($< 20 \text{ Hz}$) veroorzaakt de koppelcondensator echter differentiatie van de aangesloten spanning, dus hiervoor de DC-ingang gebruiken.

De meeste gelijkspanningsversterkers zijn voorzien van een zg. balanscorrectie (DC-bal). Hiermee wordt de differentiatie-(verschil)versterker zodanig in balans gebracht dat er zonder ingangssignaal ook geen uitgangsspanning is. Wordt nu aan de knop "versterking continu" gedraaid (zonder ingangssignaal of de schakelaar "AC - 0 - DC" in de stand 0), dan mag het beeld niet verschuiven. Zou het dit wel doen, dan was de conclusie: er is een gelijkspanning op de ingang aangesloten. Dus vóór het meten, zonder ingangsspanning, de "DC bal" zó instellen dat bij heen-weer draaien van de "continu versterking"-knop de beeldlijn niet verschuift.

Verder is meestal een knop *Y shift* aanwezig, d.w.z. verschuiving van het beeld in verticale richting. Bij metingen van gelijkspanningsniveaus moet het nulniveau bekend zijn, dus vóór het meten de beeldlijn in het midden zetten. Dit moet gebeuren zonder ingangsspanning en na het instellen van de DC-bal. Wordt hierna nog aan deze knop gedraaid, dan geeft dit verkeerde aflezingen. Eventueel kan het nulniveau op elke willekeurige hoogte worden gelegd. Bij de aflezing moet deze verschuiving verdisconteerd worden. wil men alleen de wisselspanningscomponent bekijken, dan kan de gelijkspanningscomponent geëlimineerd worden met de *Y shift*.

Toepassing:

In de transistorversterker van meting R kan zowel de ingangsspanning (U_{BE}) als de uitgangsspanning (U_{CE}) zichtbaar gemaakt worden zonder koppelcondensatoren, dus rechtstreeks op basis en collector. Het instelpunt met gesuperponeerde wisselspanning kunnen nu beide tegelijk bekeken worden. Het vastlopen van de schakeling bij opvoeren van de wisselspanning kan gevolgd worden. Speciaal als beide spanningen tegelijk op een dubbelstraaloscillograaf zichtbaar zijn, kunnen instelpuntveranderingen en vastlopen direct beoordeeld worden.

Aflezen van de verticale versterker:

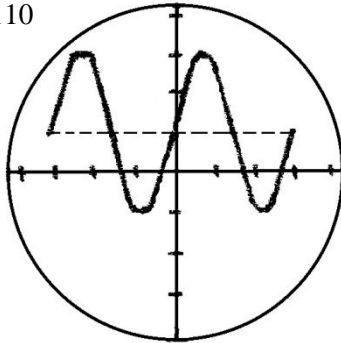
De verticale versterker is geijkt in spanning per cm of schaaldeel (division) uitgedrukt in V of mV per cm of div. De ijking is uitgevoerd voor de juiste uitwijking (momentele waarde) in Volts, d.w.z. dat bij gelijkspanning de waarde ervan met inachtneming van het teken rechtstreeks in Volts afgelezen kan worden. Van een wisselspanning kan de grootte (amplitude) rechtstreeks in Volts afgelezen worden, meestal bij willekeurige spanningsvormen uitgedrukt in V_{t-t} .

Wil men bij sinusvormige wisselspanningen de effectieve waarde weten, dan moet de $t-t$ -waarde door $2\sqrt{2}$ gedeeld worden. Bij een wisselspanning gesuperponeerd op een gelijkspanning kan op elk tijdstip de momentele waarde bepaald worden. Bij de meeste oscillografen is de continuegelaar niet geijkt. Wil de ijking van de stappenschakelaar kloppen, dan moet de knop "continu" helemaal rechtsom worden gedraaid in de stand $\times 1$ of cal(librated), d.w.z. geijkt.

Voorbeeld:

Stappenschakelaar in stand 100 mV/div ; continuegelaar in stand $\times 1$. Vóór het meten verticale versterker in balans gebracht en met de *Y shift* de nullijn in het midden van het scherm geplaatst.

Fig. 110



We lezen af:

$U_{t-t} = 400 \text{ mV}$, hieruit volgt $U_{eff} = 140 \text{ mV}$.

De momentele waarde is maximaal 300 mV en minimaal -100 mV .

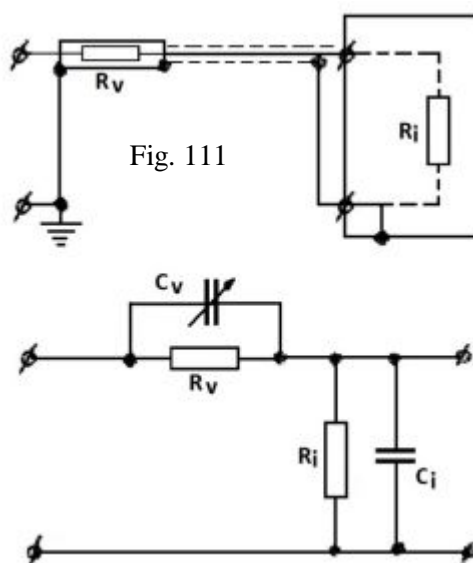
Vergroting:

Sommige oscillografen zijn voorzien van een mogelijkheid om het beeld verticaal met een bepaalde factor (meestal $10 \times$) te vergroten. De verticale versterker versterkt nu $10 \times$ meer, dus de gevoeligheid is $10 \times$ groter geworden. Dit gaat echter ten koste van

de bandbreedte. De ijking van de gevoeligheid is dus alléén geldig als de vergrotings-schakelaar in de stand $\times 1$ staat. Meestal is de factor $\times 10$ niet geijkt. Bij de Philips oscillograaf PM 3230 kan de verticale versterker uitgestuurd worden tot een spanning overeenkomend met $3 \times$ de schermdiameter voordat vervorming optreedt. Normaal is hiervan alleen het middelste gedeelte zichtbaar. De knop voor de verticale verschuiving (*Y shift*) heeft een zodanig regelbereik dat elk willekeurig gedeelte van de spanning zichtbaar gemaakt kan worden. Op deze manier kan een oscillogram uitgerekt worden om bepaalde gedeeltes nauwkeuriger te kunnen bestuderen.

Verzwakker:

Het kan bij metingen voorkomen dat een grotere spanning (gelijk- + wisselspanningscomponent) zichtbaar gemaakt moet worden dan de maximale waarde waarvoor de oscillograaf ontworpen is. In het voorgaande gedeelte hebben we gezien dat bij sommige oscillografen het oscillogram een aantal malen groter gemaakt kan worden, voordat de verticale versterker overstuurt. Door verticale verschuiving gaat echter de relatie t.o.v. het nulniveau verloren. Er is dan ook een andere oplossing gevonden. Beschikbaar zijn zg. verzwakkers. (meetkop, verzwakkermeetkop, voltage divider, (attenuator)probe). Dit zijn meestal extern aan te sluiten spanningsdelers $10 \times$, ook wel $20 \times$, $50 \times$ en $100 \times$. Als deze verzwakker geijkt wordt, wordt de gevoeligheid van de oscillograaf $10 \times$ zo klein, terwijl echter spanningsmetingen normaal mogelijk blijven. Omdat de verzwakker zowel gelijkspanning als het gehele wisselspanningsgebied moet kunnen verwerken moet het een weerstandsverzwakker worden. hierbij kan eenvoudig gebruik worden gemaakt van de ingangswaerstand van de oscillograaf zelf.



Stel dat deze (dikwijls genormaliseerd $1 \text{ M}\Omega$) bedraagt. De weerstand in de meetkop wordt nu $9 \text{ M}\Omega$ (voor $10 \times$ verzwakking).

Nu doet zich de moeilijkheid voor dat deingangsimpedantie van de oscillograaf niet reëel is. Parallel aan R_i staat een zekere C_i , vermeerderd in dit geval met de capaciteit van de kabel. Ook parallel aan R_v staat een kleine capaciteit. Beide condensatoren zijn weliswaar klein, maar aangezien ze parallel aan grote weerstanden staan, zullen ze speciaal bij hogere frequenties toch een behoorlijke invloed hebben, m.a.w. de verzwakking wordt frequentieafhankelijk. Om dit te voorkomen wordt parallel aan R_v een instelbare condensator geschakeld. M.b.v. de complexe rekenwijze kan afgeleid worden dat de verzwakking

frequentie-onafhankelijk wordt als de RC -tijden van beide secties aan elkaar gelijk zijn, dus als: $R_v \cdot C_v = R_i \cdot C_i$. Door C_v instelbaar te maken kan aan deze voorwaarde worden voldaan.

Rest nog een meetmethode om te controleren of C_v juist is ingesteld. Men kan achtereenvolgens een hele reeks frequenties nemen en de verzwakking ervan controleren. Eventueel C_v bijstellen en de procedure herhalen. Dit is echter nogal omslachtig. We zouden een hele reeks frequenties tegelijk beschikbaar moeten hebben. Dit zou bijvoorbeeld een blokspanning kunnen zijn.

Een blokspanning kan ontbonden worden in een reeks frequenties:

$\hat{u} \sin \omega t + 1/3 \hat{u} \sin 3\omega t + 1/5 \hat{u} \sin 5\omega t + 1/n \hat{u} \sin n\omega t$ (n oneven). Omdat een bepaalde component een andere verzwakking ondervindt dan de andere componenten en er bovendien onderlinge faseverschuiving optreedt, zal de uitgangsspanning als som van alle componenten een andere vorm hebben. Aangezien deze spanning op de oscillograaf zelf zichtbaar is, kan hiermee de meetkop juist ingesteld worden. Is C_v te groot ingesteld, dan krijgen we een zg. differentiërend

netwerk met bijbehorende spanningsvormen volgens figuur b, bij verder vergroten figuur a. Is C_v te klein ingesteld dan krijgen we een zg. integrerend netwerk met bijbehorende spanningsvormen volgens figuur d, bij verder verkleinen figuur e. Is C_v correct ingesteld, dan krijgen we figuur c te zien.

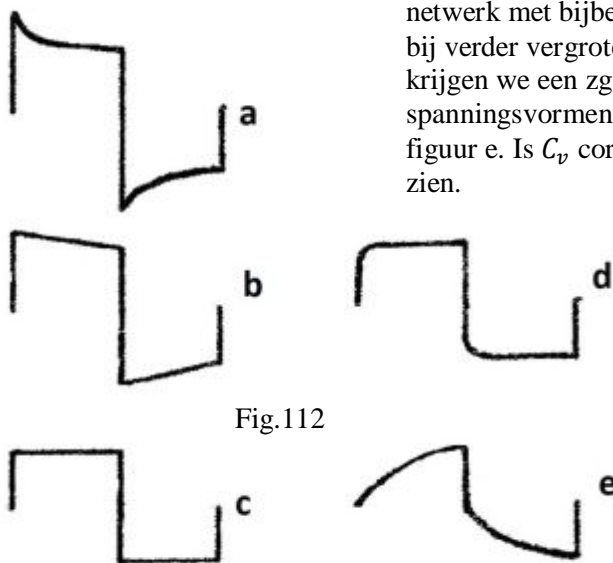


Fig. 112

De procedure is nu als volgt:

Sluit op de verzwakker een blokspanning aan, meestal is 1 kHz voorgeschreven. Deze spanning is dikwijls op de oscillograaf zelf aanwezig (calibration voltage), cal.out, cal.), terwijl meestal ook de amplitude geijkt is en dus als ijkspanning voor de verticale versterker gebruikt kan worden.

De borgring wordt losgedraaid waarna het voorste gedeelte van de meet-

kop wordt verdraaid (C_v is hiermee gekoppeld), totdat het beeld volgens figuur c te zien is.

Hierna borgring vastdraaien waarna de verzwakker gereed is voor gebruik. Een verzwakker wordt vaak gebruikt vanwege enige bijkomende voordelen, dus ondanks de verzwakking die hij geeft.

De ingangsweerstand is namelijk (in ons voorbeeld) $1 \text{ M}\Omega = 10 \text{ M}\Omega$ geworden, dus $10\times$ groter.

De ingangscapaciteit is aanzienlijk kleiner geworden. (als de RC -tijden gelijk zijn, is $C_v 9\times$ kleiner dan $C_i +$ kabelcapaciteit, terwijl de twee C 's in serie staan, dus de totale ingangscapaciteit is kleiner dan C_v). Zijn de te meten spanningen niet te klein, dan wordt praktisch altijd de verzwakker gebruikt vanwege zijn grote inwendige weerstand en lage ingangscapaciteit, hetgeen dikwijls nauwkeuriger meten mogelijk maakt, terwijl de verzwakking op de koop toe wordt genomen.

Voor spanningsmetingen moet de factor 10 in rekening worden gebracht, terwijl vóór het meten de compensatie gecontroleerd moet worden daar anders pulsvormige spanningen onjuist worden weergegeven. Omdat een verzwakker afgeregeld wordt in combinatie met een bepaalde oscillograaf mag hij niet zonder meer gebruikt worden met een andere oscillograaf dan die waarvoor hij is ontworpen.

Kathodestraalbuis:

Hierbij behoren de volgende knoppen:

1. helderheid (intensity, brightness).
2. focussering (focus). Deze knop wordt zo ingesteld dat de beeldlijn zo dun mogelijk is
3. astigmatisme. Met de knop van het astigmatisme kan de focussering beter worden ingesteld.