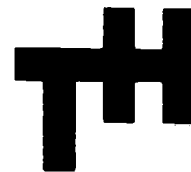


Rapport No. 367



LABORATORIUM VOOR SCHEEPSBOUWKUNDE

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

EEN ELECTROMAGNETISCH LOG VOOR KLEINE SCHEPEN

door

M. Buitenhek

december 1972

Inhoud

- 1.0 Samenvatting
- 2.0 Inleiding
- 3.0 Het principe
- 4.0 Het blokschema van het electromagnetisch log
 - 4.0.1 De opnemer
 - 4.0.2 De oscillator
 - 4.0.3 De eindversterker en stroomstabilisator
 - 4.0.4 De voorversterker
 - 4.0.5 Het actieve laagdoorlaat filter
 - 4.0.6 De nulcompensator
 - 4.0.7 De gelijkrichter
 - 4.0.8 De gelijkspanningsversterker
 - 4.0.9 De batterij-test
 - 4.10 De voeding
 - 4.11 Het aanwijsinstrument
- 5.0 Het totaalschema
- 6.0 De calibratie
- 7.0 Specificatie
- 8.0 Foto's
- 9.0 Lijst van figuren
- 10.0 Referenties

1. Samenvatting

In dit rapport wordt een electromagnetisch scheepslog besproken, dat gebruikt zou kunnen worden op zeiljachten en kleine motorjachten, waar een eenvoudige mechanisch sterke opnemer goede diensten kan bewijzen.

Kleine afmetingen van de opnemer, een laag energieverbruik en een eenvoudige schakeling waren de voornaamste eisen die aan het te ontwikkelen apparaat gesteld werden.

2. Inleiding

Voor het meten van de scheepssnelheid t.o.v. het omringende water kan o.a. gebruik gemaakt worden van de volgende methoden :

- a. het meten van de waterweerstand van een uitgestoken opnemer, waarbij de kracht omgezet kan worden in een elektrische grootheid.
- b. het meten van een verschildruk met behulp van een pitot buis.
- c. het meten van het toerental van een impeller.
- d. het bepalen van de watersnelheid met behulp van akoestisch doppler-effect.
- e. het bepalen van de watersnelheid met behulp van een laser doppler.
- f. het bepalen van de watersnelheid door het meten van de door het water in een magnetisch veld opgewekte electromotorische kracht.

De onder f genoemde methode wordt gebruikt in het bekende Electromagnetisch Log (E.M.-log).

Voordelen van een E.M.-log zijn o.a. :

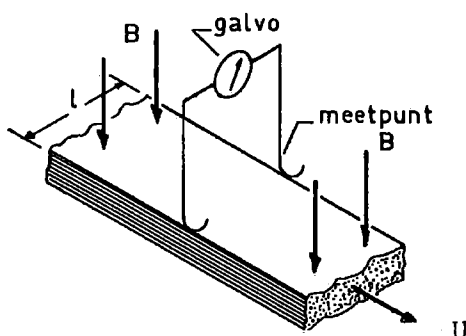
- a. het ontbreken van bewegende of draaiende delen in de onderwateropnemer, waardoor geen veranderingen optreden door slijtage.
- b. ongevoelig voor de samenstelling of mate van vervuiling van het water.
- c. de opgewekte E.M.k is rechtevenredig met de watersnelheid.

Een nadeel is het energieverbruik voor het opwekken van het magnetisch veld.

3. Het principe

Door een geleider in een magnetisch veld te bewegen wordt een E.M.k. opgewekt in de richting die loodrecht staat op de bewegingsrichting en loodrecht op de richting van het magnetisch veld.

In figuur 1 is hiervan een schematische voorstelling gegeven.



U - bewegingsrichting. B - magnetisch veld.

Fig.1: Principe van opwekking van electromotorische kracht E.M.K.

Uitgegaan wordt van een oneindig lange geleidende balk met een rechthoekige doorsnede. Wordt de balk in de lengterichting met een snelheid u door een homogeen magnetisch veld B bewogen, dan is de opgewekte E.M.k. :

$$V = u \cdot B \cdot l \cdot 10^{-8} \text{ (volt)}$$

waarin u = de snelheid van de geleider in cm/sec.

B = de magnetische flux in gauss

l = de afstand tussen de kontakten in cm.

Hieruit volgt dat de te meten spanning V evenredig is met de snelheid waarmee de geleider zich t.o.v. het magnetisch veld verplaatst.

Door de geleidende balk te vervangen door water is met behulp van bovenstaand principe het meten van watersnelheden mogelijk geworden, waarbij de geleidbaarheid van het water of de vervuiling geen invloed op het meetresultaat geven.

In figuur 2 is een electromagnetische doorstroommeter geschetst.

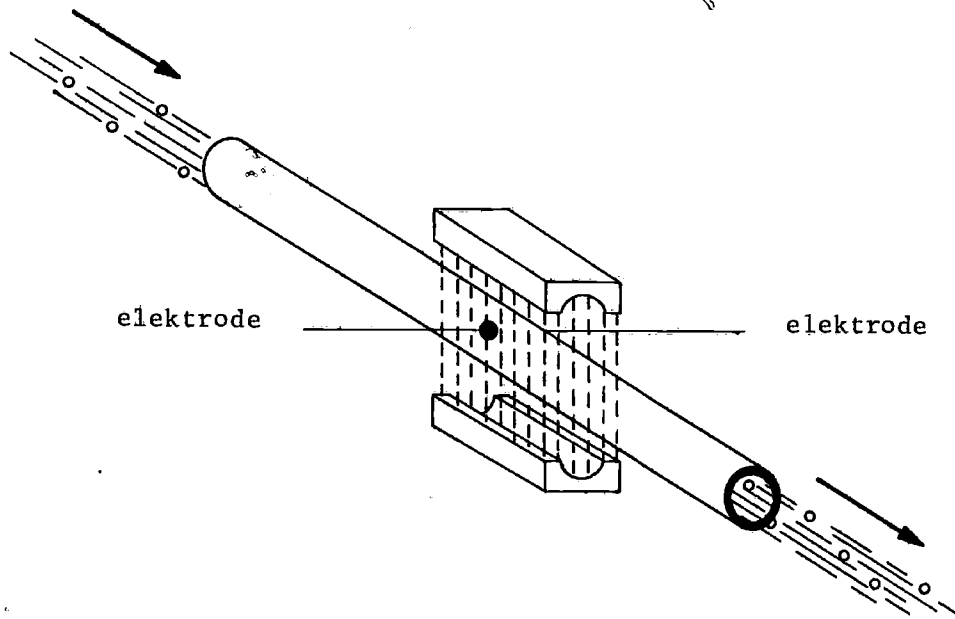
Wanneer een vloeistof door de geïsoleerde pijp stroomt die zich tussen de 2 polen van een magneet bevindt, wordt een E.M.k. opgewekt, in de richting die loodrecht staat op de richting van het magnetisch veld en op die van de pijp.



Het gebruik van een permanente magneet heeft echter de volgende nadelen :

- a. door de opgewekte gelijkspanning treedt polarisatie op rond de elektrode
- b. de optredende contactspanning, veroorzaakt door de batterijvorming van de elektroden met de vloeistof, is niet te scheiden van het te meten signaal.

Deze bezwaren kunnen ondervangen worden door gebruik te maken van een wisselend magnetisch veld waardoor het opgewekte meetsignaal een wisselspanning is waarvan de amplitude-modulatie evenredig is met de stroomsnelheid.



figuur 2. Principe electromagnetische doorstroommeter

Bij het scheepslogje wordt de pijp uit de electromagnetische doorstroommeter weggelaten en alleen de electromagneet en de electroden ondergebracht in een geprofileerde houder. In figuur 3 is de opnemer schematisch weergegeven.

Wordt de opnemer tengevolge van de s^{ch}eeppssnelheid door het water bewogen dan wordt een spanning opgewekt die evenredig is met de snelheid waarmee het water de opnemer passeert.

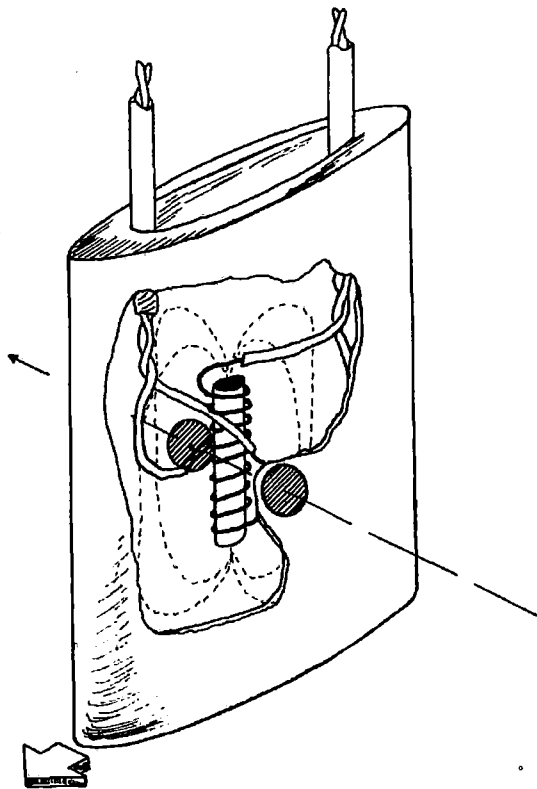


Fig. 3 : Schets electromagnetische watersnelheidsmeter

4. Het blokschema van het electromagnetisch log.

In figuur 5 is het blokschema van het E.M.-log dat opgebouwd is uit de volgende onderdelen :

- 4.01 de opnemer
- 4.02 de oscillator
- 4.03 de eindversterker en stroomstabilisator
- 4.04 de voorversterker
- 4.05 het actieve laagdoorlaat filter
- 4.06 de nul compensator
- 4.07 de gelijkrichter
- 4.08 de gelijkspanningsversterker
- 4.09 de batterijtest
- 4.10 de voeding
- 4.11 het aanwijsinstrument

4.01 De opnemer

De opnemer is de geprofileerde houder waarin de electromagneet en de electroden ondergebracht zijn. Een tweetal uitvoeringsmogelijkheden zijn getest.

Opnemer I is geschetst in figuur 5.

De electromagneet bevindt zich geheel in het gedeelte dat onder het schip uitsteekt, terwijl de electroden ter hoogte van het midden van de spoel aangebracht zijn. De electromagneet bestaat uit een gelamelleerde kern, waarop 1500 windingen aangebracht zijn met 0,25 mm wikkeldraad. De ohmse weerstand bedraagt ± 18 ohm. De kern is samengesteld uit 8 plaatjes transformatorblik waarvan de afmetingen 60x10x0,35 mm bedragen. De electroden van het prototype zijn vervaardigd van 0,5 mm zilverplaat. Er zijn echter geen gegevens bekend over de zeewaterbestandigheid van dit materiaal. Met behulp van een uit twee delen bestaande mal zijn de spoel en de beide electroden in giethars ingegoten. De gebruikte Araldit SW 418 heeft goede mechanische eigenschappen maar heeft het nadeel dat metaalpoeder aan de samenstelling is toegevoegd.

Men dient dan ook de opnemer van een niet-metaalhoudende afdeklaag te voorzien. Een tweede uitvoeringsmogelijkheid is geschetst in figuur 6.

De electromagneet bestaat uit een stalen drager waarop 3400 windingen aangebracht zijn met 0,30 mm wikkeldraad.

De ohmse weerstand bedraagt + 40 ohm.

De electroden zijn asymmetrisch t.o.v. de magneetspoel aangebracht, n.l. juist onder het punt waar de stalen pen van de magneethouder eindigt.

De houder waarin de electromagneet en de electroden zijn aangebracht is vervaardigd van hard slagvast PVC.

4.02 De oscillator

Zoals eerder is opgemerkt, is door de optredende contactspanningen en de versterkerdrift nauwelijks een gelijkspanningssysteem mogelijk.

Uitgaande van een wisselspanningssysteem zal ook de electromagneet gevoed moeten met een wisselspanning.

Bij de keuze van de frequentie van de voedingsoscillator zijn de volgende punten overwogen :

- a. het product van de stroom en het aantal windingen, het aantal ampère-windingen, dient zo groot mogelijk gemaakt te worden i.v.m. de opbouw van het magnetisch veld.
- b. door de beperking van een accu zal de opgenomen stroom zo klein mogelijk gehouden moeten worden met een groot aantal windingen.
- c. een groot aantal windingen zal bij een hoge frequentie een te grote impedantie veroorzaken, waardoor de beschikbare accuspanning te laag is.

Bij het prototype is de oscillator frequentie ± 7 Hz, waarbij gebruik gemaakt is van een Wien-oscillator waarvan de amplitude met behulp van een "field effect transistor" gestabiliseerd wordt.

In figuur 7 is het schema van de oscillator gegeven.

4.03 De eindversterker en stroomstabilisator

Omdat de oscillator zelf niet voldoende stroom kan leveren is gebruik gemaakt van een eindversterker voor het leveren van de spoelstroom waarmee het magnetisch veld opgebouwd wordt.

Getracht is deze stroom, die afkomstig is uit de voedingsaccu zo klein mogelijk te houden. Rekeninghoudend met de stabiliteit van de versterker voor het meetsignaal is de stroom op ± 80 mA ingesteld. Omdat de waarde van de aflezing van het aanwijsinstrument beïnvloed wordt door de spoelstroom, is een stroomstabilisatie toegepast met behulp van een rekenversterker. In figuur 8 zijn de schema's gegeven, terwijl in figuur 9 de spoelstroom als functie van de accuspanning is gegeven.

4.04 De voorversterker

Als voorversterker is gebruik gemaakt van een operationele versterker, waarbij het ingangssignaal, afkomstig van de elektroden, via condensatoren op de differentiaal ingang aangesloten is. De condensatoren blokkeren de contactspanningen.

4.05 Het actieve laagdoorlaat filter

Door het gebruik van een eenvoudige gelijkrichtschakeling waarop later nog wordt ingegaan, wordt de aflezing van het aanwijsinstrument mede beïnvloed door parasitair geïnduceerde spanningen in de lange verbindingen tussen de opnemer en het aanwijsinstrument.

Om deze invloed te elimineren is, met behulp van een operationele versterker, gebruik gemaakt van een laagdoorlaat filter. In figuur 10 en 11 zijn respectievelijk het schema en de amplitudekarakteristiek gegeven van het filter.

4.06 De nulcompensator

Tengevolge van parasitair geïnduceerde spanningen, b.v. in de bedrading naar de opnemer, is de signaal-spanning na het laagdoorlaat filter, wanneer de opnemer zich niet t.o.v. het water beweegt, niet gelijk aan nul. Met behulp van een potentiometer, in het schema aangeduid met P_1 , is de aanwezige wisselspanning te compenseren. Deze compensatie, in amplitude en fase, wordt bij de fabricage afgeregeld en zal op het schip niet herhaald behoeven te worden.

4.07 De gelijkrichter

Uit het oogpunt van eenvoud is, voor het omzetten van het meetsignaal van een wisselspanning naar een gelijkspanning, gebruik gemaakt van een lineaire gelijkrichtschakeling. Een nadeel van de gebruikte schakeling is het ontbreken van een richtingsgevoeligheid. In figuur 12 en 13 zijn respectievelijk het schema en het verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning gegeven.

4.08 De gelijkspanningsversterker

Met behulp van deze versterker, die dient voor de uitsturing van het aanwijsinstrument, kan tevens een elektronische demping aangebracht worden, die nodig is bij een bewegend schip. Door de versterkingsfactor te veranderen is het mogelijk meer dan 1 bereik aan te brengen. Door middel van schakelaar S_1 is een keus te maken uit 2 tijd constanten, respectievelijk 0,7 sec. en 3,0 sec; op het instrument aangeduid met "calm" en "rough". Schakelaar S_2 geeft de mogelijkheid het aanwijsinstrument geschikt te maken voor 0-8 knopen of voor 0-16 knopen,

4.09 De batterij-test

Schakelaar S_3 heeft 3 standen, respectievelijk uit, batterij-test en aan. In de stand "batterij-test" dient de aflezing op het aanwijsinstrument groter te zijn dan 6,5.

4.10 De voeding

Uitgegaan is van de veronderstelling dat een 12-volt accu beschikbaar is. Rekeninghoudend met een variatie in de afgegeven spanning, afhankelijk van de ladingstoestand van de accu, is een stabilisatie schakeling opgenomen die de gewenste voedingsspanning constant houdt. Omdat in het instrument versterkers toegepast zijn die een positieve en een negatieve voedingsspanning nodig hebben, zijn deze spanningen, met behulp van operationele versterkers, afgeleid van de accu-spanning en afgeregeld op + 5volt en -5volt.

Ook is rekening gehouden met het feit, dat de minpool van de accu, door middel van de schroefas, elektrisch met het water verbonden kan zijn.

In figuur 14 is het schema getekend.

4.11 Het aanwijsinstrument

Van het aanwijsinstrument zijn de volgende gegevens bekend :

fabrikaat : Kyoritsu
gevoeligheid : 1 m A
wijzeruitslag : 240°
schaallengte : 130 mm
verdeling : 0 - 80

5.0 Het totaal schema

In figuur 15 is het schema getekend van de gehele elektronische schakeling.

6.0 De calibratie

Het resultaat van de calibratie is weergegeven in figuur 16.

7.0 Specificatie

Voedingsspanning : 12 volt \pm 1,5 volt

Opgenomen stroom :

Opnemer I, fig. 5 : 100 mA

Opnemer II, fig. 6 : 50 mA

Meter gevoeligheid : 0 - 8 en 0 - 16 mijl/uur.

nauwkeurigheid : \pm 1,5%.

8.0 Foto's

Figuur 17 en 18 zijn foto's van zowel de opnemer als het kastje met aanwijsinstrument.

9.0 Lijst van figuren

- fig. 1 : Principe van opwekking van electromotorische kracht E.M.K.
- fig. 2 : Principe electromagnetische doorstroommeter
- fig. 3 : Schets electromagnetische watersnelheidsmeter
- fig. 4 : Electronisch blokschema
- fig. 5 : Schets van opnemer I
- fig. 6 : Schets van opnemer II
- fig. 7 : Schema van de oscillator
- fig. 8 : Schema van de eindversterker
- fig. 9 : Verband tussen accuspanning en spoelstroom van opnemer I
- fig. 10 : Schema van het "Low Pass" filter
- fig. 11 : Verband tussen frequentie en amplitudeverhouding van het filter
- fig. 12 : Schema van de gelijkrichter
- fig. 13 : Verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning van de gelijkrichter
- fig. 14 : Schema van de gestabiliseerde voeding
- fig. 15 : Compleet schema
- fig. 16 : Verband tussen de watersnelheid en de meteraanwijzing
- fig. 17 : Foto
- fig. 18 : Foto

10.0 Referentias

1. Introduction to electromagnetic fields by Ph.D. Samuel Seely
Mac Graw-Hill Book Company, Inc.

2. Classical Electricity and Magnetism by Wolfgang K.H. Panofsky and
Melba Phillips
Addison-Wes-ey Publishing Company, Inc.

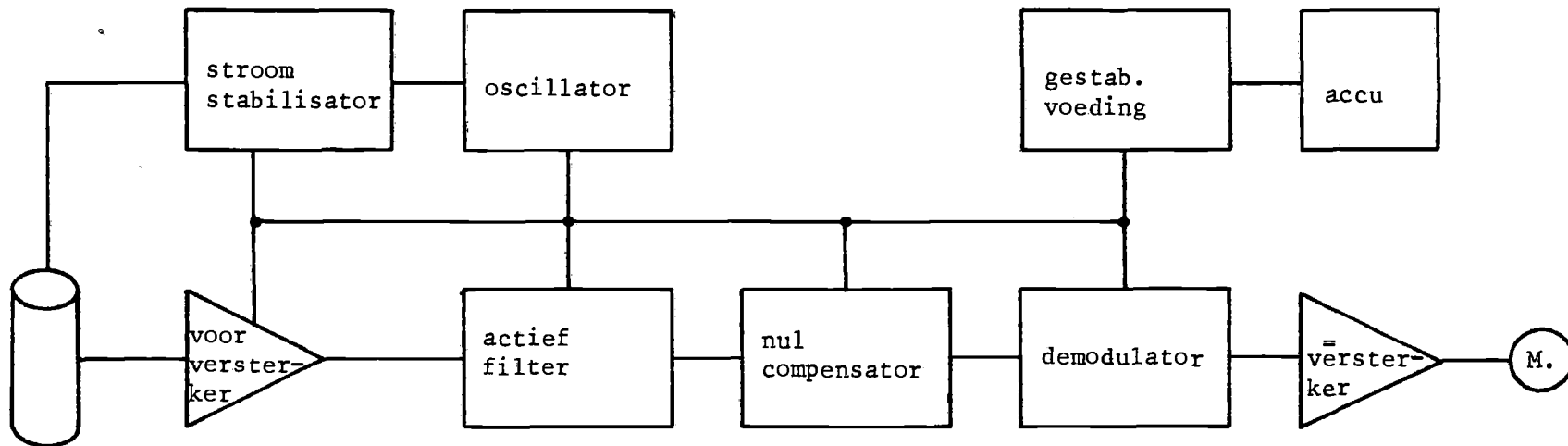


Fig. 4 : Electronisch blokschema

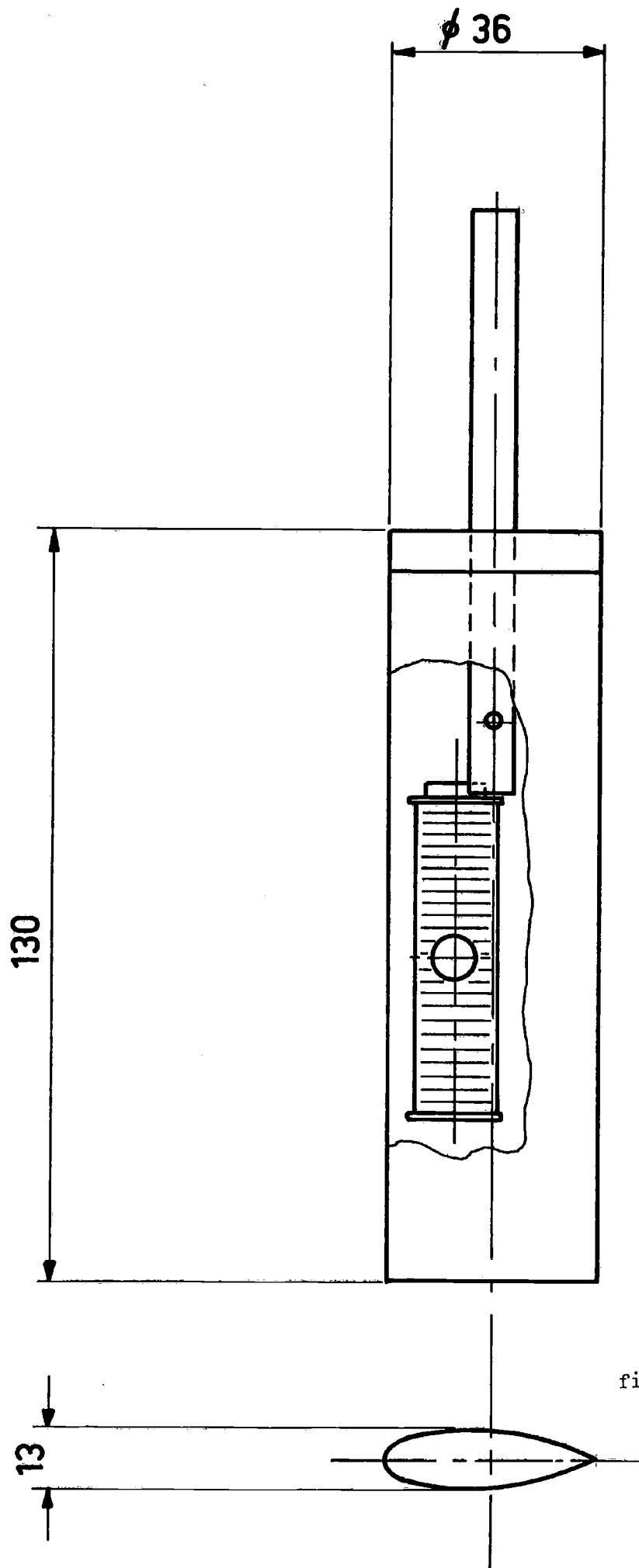


fig. 5 : Schets van opnemer I

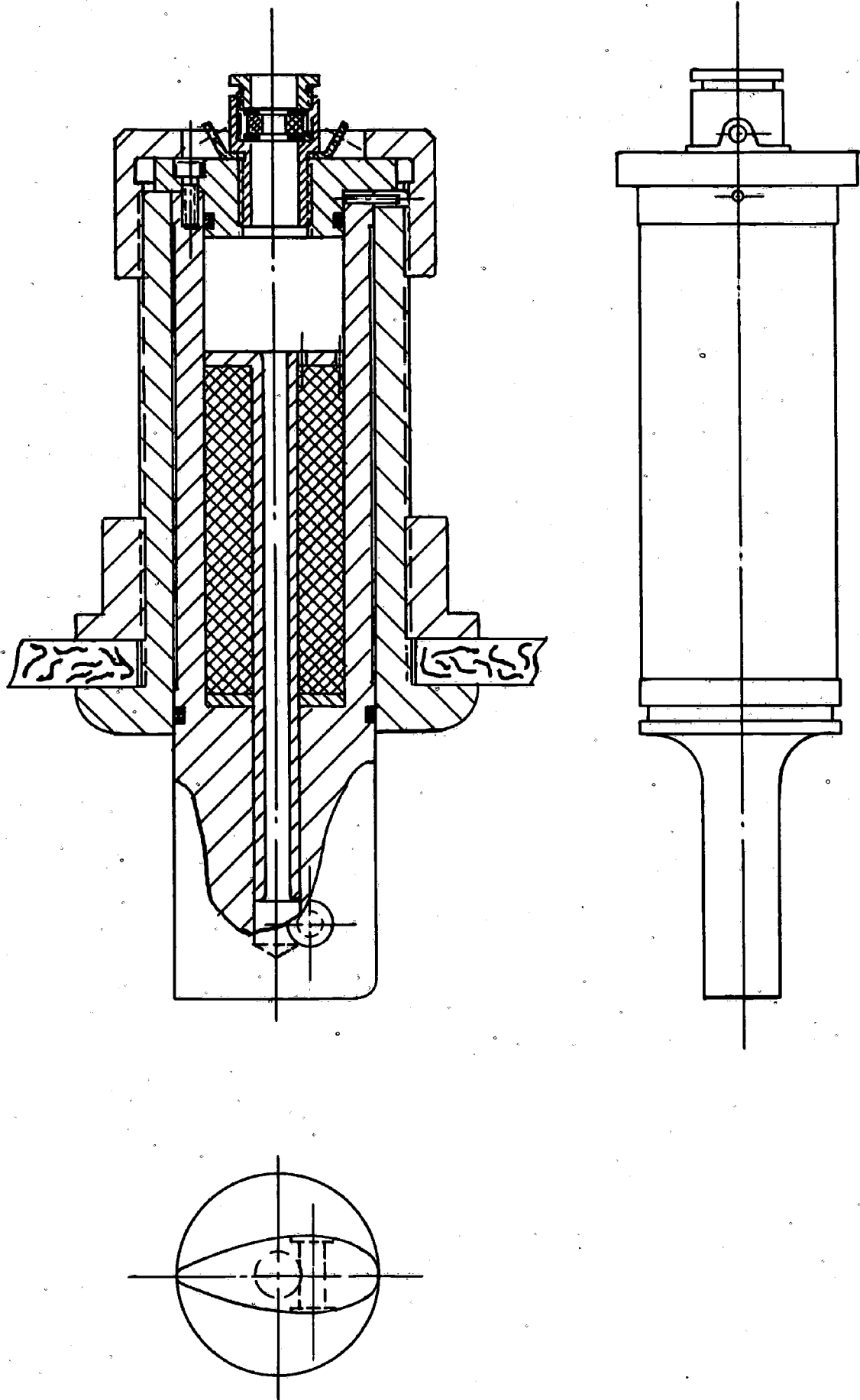


Fig. 6 : Schets van opnemer II

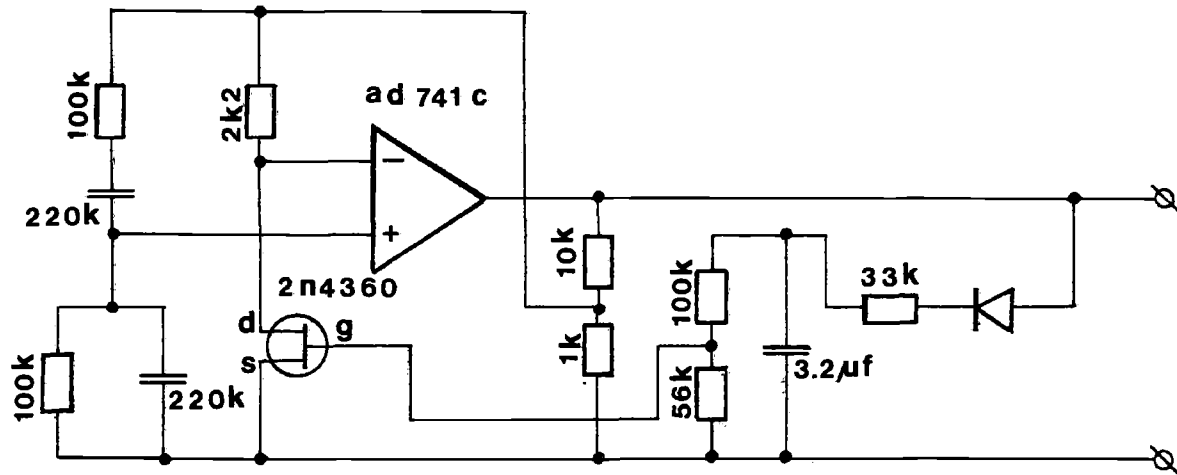
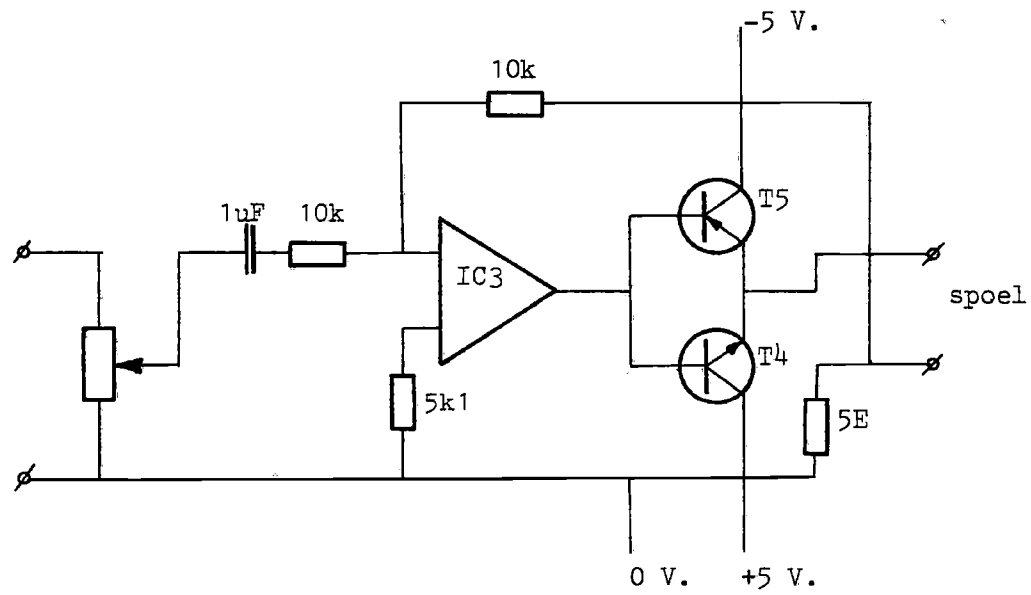
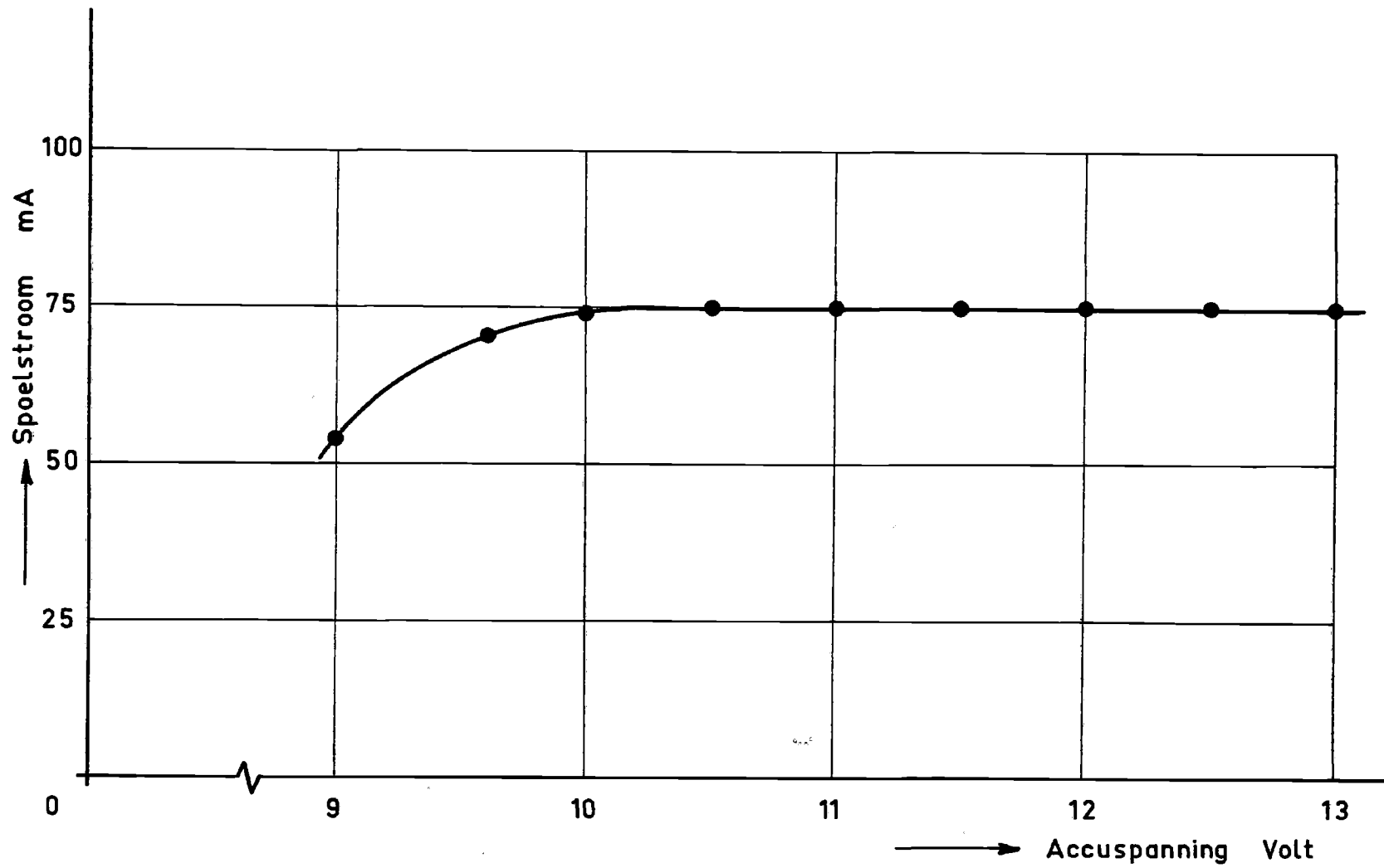


Fig. 7 : Schema van de oscillator

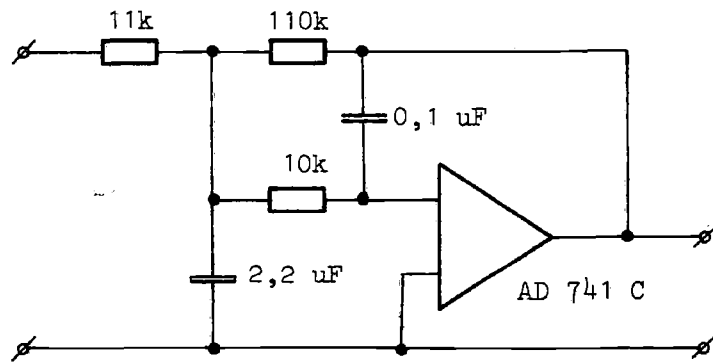


T4 = 2N2219
 T5 = 2N2904
 IC3 = AD 741 C

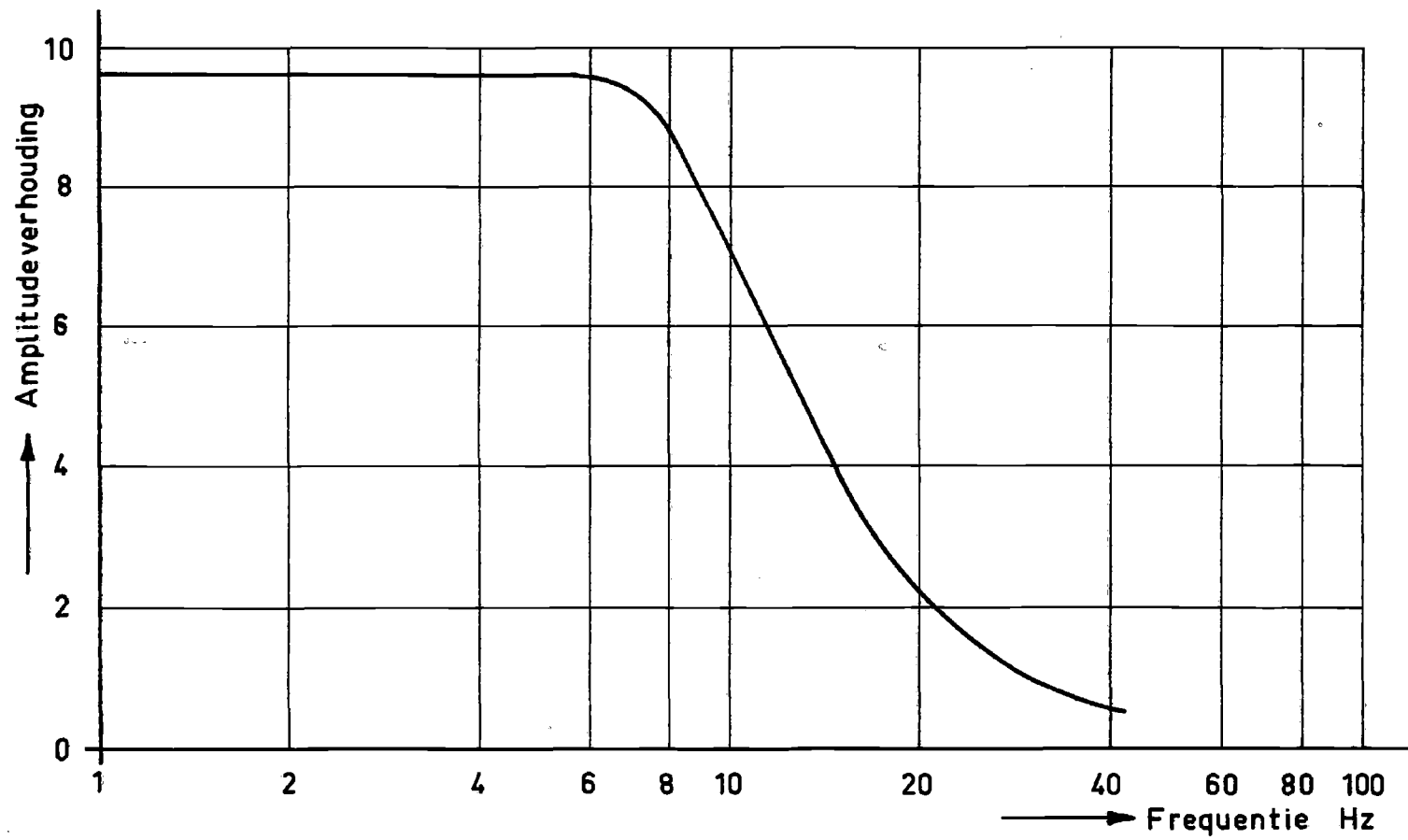
Fig. 8 : Schema van de eindversterker



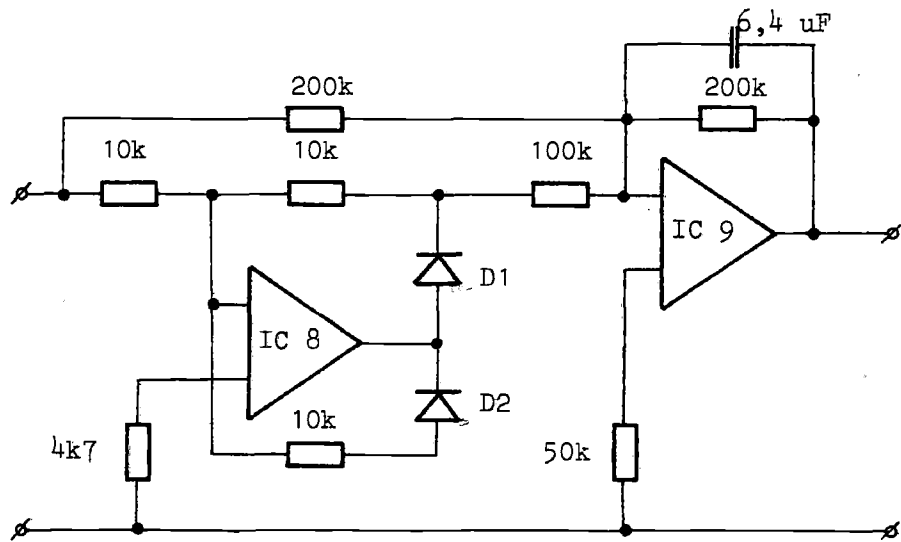
figuur 9. Verband tussen accuspanning en spelstroom van opnemer I



figuur 10. Schema van het "Low Pass" filter



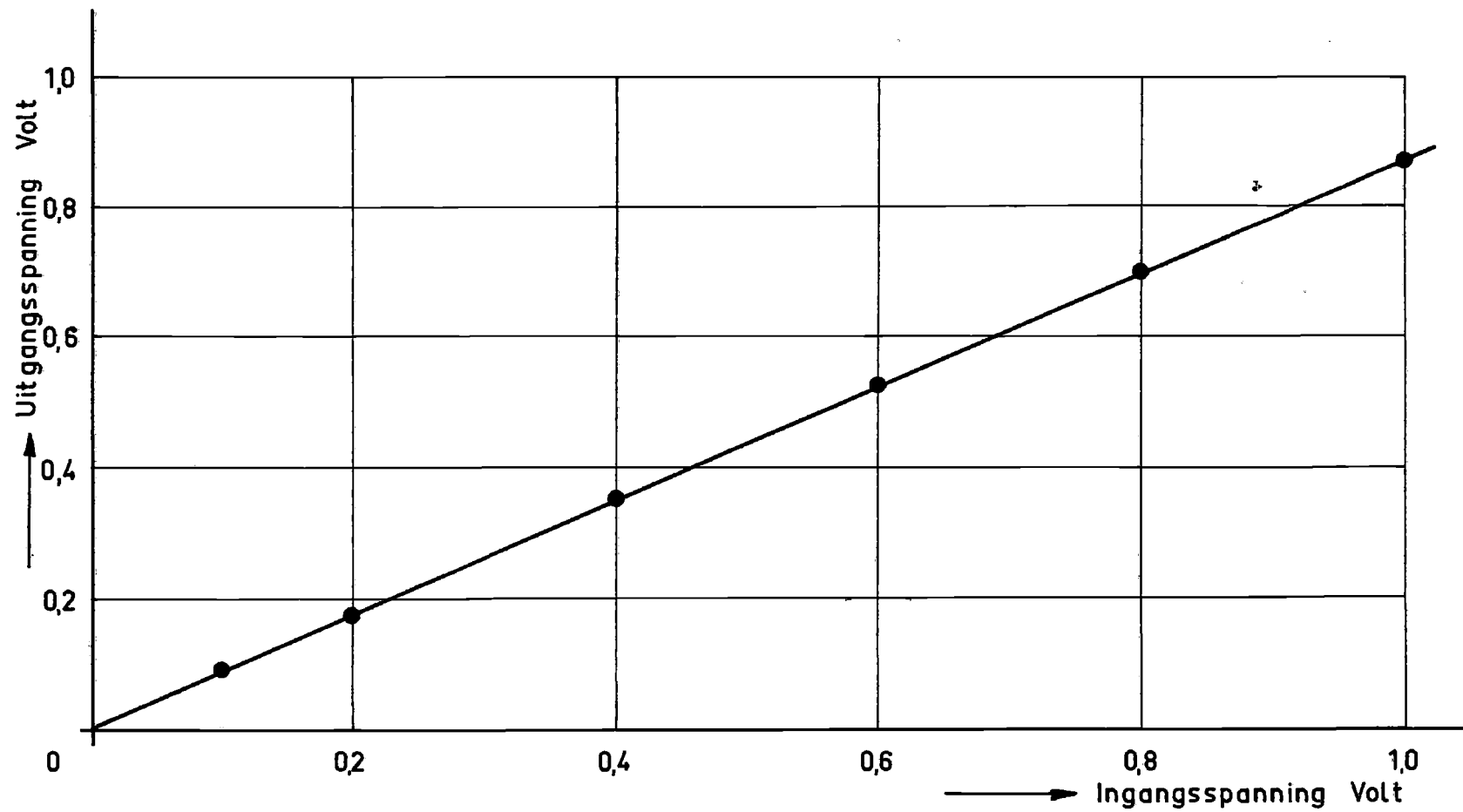
figuur 11. Verband tussen frequentie en amplitudeverhouding van het filter



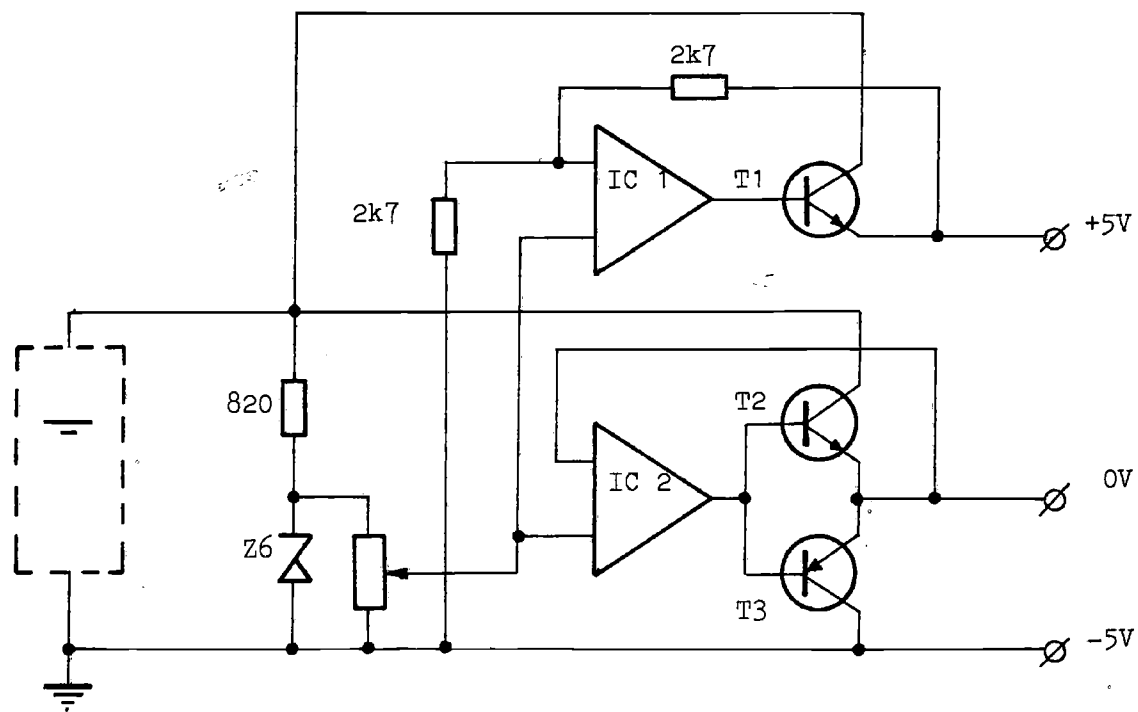
D1 en D2 = BAY 19

IC 8 en IC 9 = AD 741 C

figuur 12. Het schema van de gelijkrichter.



figuur 13. Verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning van de gelijkrichter



Z = Z6
 T1 en T2 = 2N2219
 T3 = 2N2904
 IC1 en IC2 = AD 741 C

figuur 14. Het schema van de gestabiliseerde voeding.

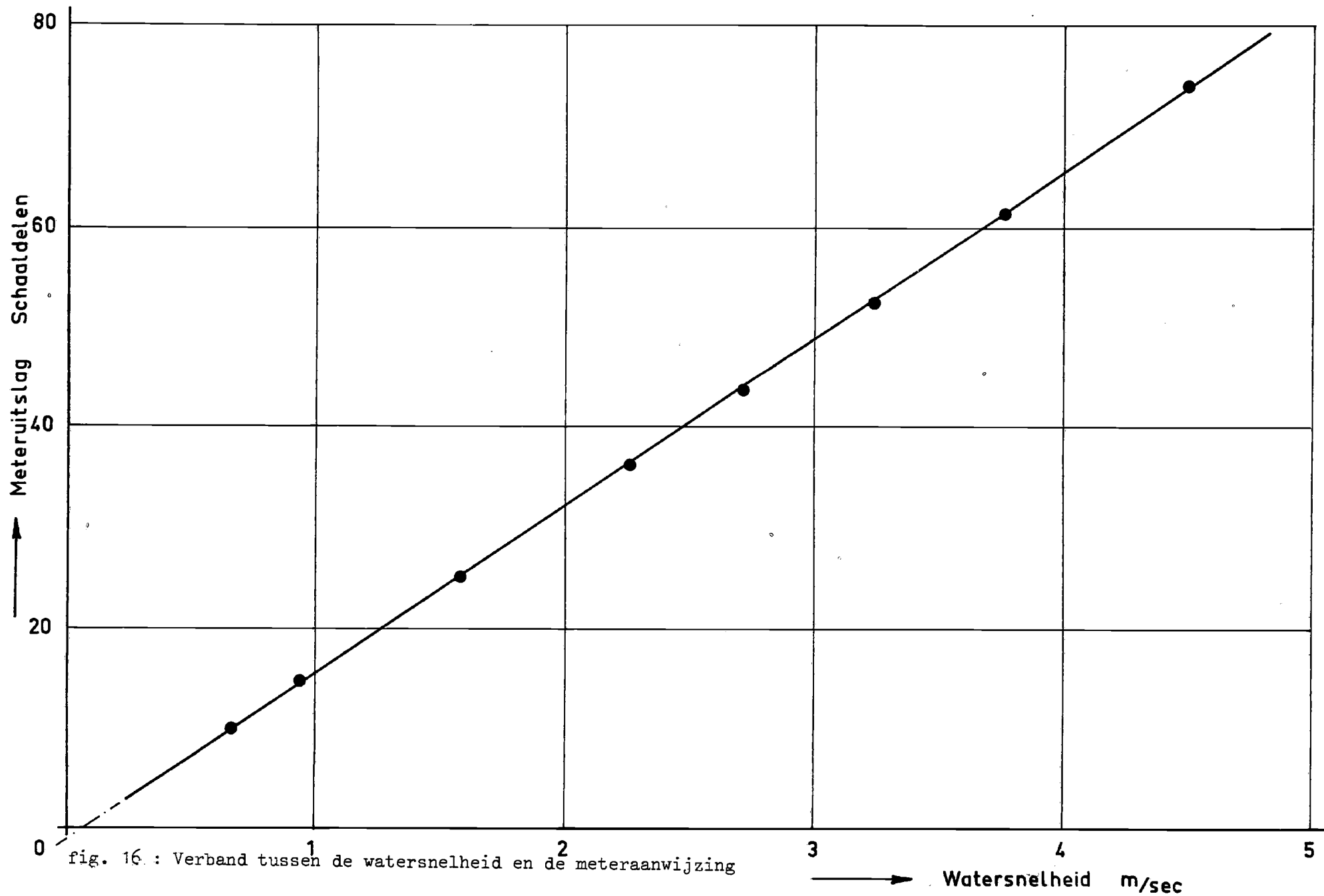


fig. 16.: Verband tussen de watersnelheid en de meteraanwijzing