

Vloeistofniveauregeling in een fysisch aorta-model

Citation for published version (APA):

Cock, de, W. M. (1974). *Vloeistofniveauregeling in een fysisch aorta-model*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1974

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

AFDELING DER ELEKTROTECHNIEK
TECHNISCHE HOGESCHOOL
EINDHOVEN
Groep Meten en Regelen

VLOEISTOFNIVEAUREGELING IN EEN
FYSISCH AORTA - MODEL

door W.M. de Cock

Rapport van een deel van het afstudeerwerk
uitgevoerd van okt.'73 tot sept.'74
in opdracht van prof.dr. C.E. Mulders
onder leiding van ir. W.H. Leliveld

Samenvatting

In een fysisch model van de menselijke aorta moet het vloeistofniveau in het vulreservoir konstant gehouden worden.

Dit rapport beschrijft hoe deze opdracht leidde tot de konstruktie van een pompsysteem met terugkoppeling van het waterniveau door middel van een capacatieve niveau-opnemer. Deze konstruktie voldeed aan het gestelde doel.

Summary

The fluid level in the filling reservoir of a physical model of the human aorta must be regulated.

This report describes how this mission led to the construction of a pumping system with feedback from the water level by means of a capacitive level-detector. This construction met the requirements.

<u>Inhoudsopgave</u>	p.
1. Inleiding	4
2. Ontwerp van het apparaat	5
2.1. Gestelde eisen	5
2.2. Principe van de opbouw	5
2.3. De opnemer	6
2.4. De omzetter	9
2.4.1. De laagspanningsvoeding	9
2.4.2. De oscillator	9
2.4.3. De opnemerschakeling en de h.f. versterker	10
2.4.4. De detektor en de eindtrap	11
2.5. De vermogenssturing	13
2.6. De motor	14
2.7. De pomp	15
3. Konstruktie en gebruik	16
3.1. De opnemer	16
3.2. Het elektronische gedeelte	16
3.3. De motor en de pomp	16
3.4. Overzicht van de instellingen in het werkgebied	17
3.5. Ingebruikname van de apparatuur	18
Konklusie	20
<u>Bijlagen</u> :	
1 : Onderdelenopstelling en bedrading van de laagspannings-voeding	21
2 ; Onderdelenopstelling en bedrading van het laagspanningsdeel	22
3 : Onderdelenopstelling en bedrading van het netspannings-gedeelte	23
4 : Frontplaat en schakelschema	24
5 : Aansluitingen in en aan de motor/pompkast	25

1. Inleiding

Het doel van het verrichte onderzoek was, te komen tot de konstruktie van een automatische vloeistofniveauregeling in een fysisch model van de aorta. In dit model wordt de hartpomp vanuit een reservoir op ongeveer anderhalve meter hoogte van vloeistof voorzien, teneinde een konstante vuldruk te verkrijgen. De verbruikte vloeistof uit dit vulreservoir moet steeds worden aangevuld vanuit een centraal voorraadvat, teneinde een bepaald niveau te handhaven. Tot dusver gebeurde dit door een niet geregelde pomp met een opzettelijk te grote capaciteit, in combinatie met een overloop. Het teveel aan omhooggepompte vloeistof vloeide daarbij direkt terug in het voorraadvat. Door dit systeem komen er echter veel luchtballen in de vloeistof, hetgeen vooral ongewenst is bij ultrasone doppler-flowmetingen aan het aorta-model. Een methode om dit bezwaar te elimineren is het sturen van de pompsnelheid door middel van een niveau-opnemer, zodat een teruggekoppeld systeem ontstaat.

2. Ontwerp van het apparaat

2.1. Gestelde eisen

De te ontwerpen niveauregeling moet het vloeistofniveau handhaven in een bak met een oppervlakte van $15 \times 40 \text{ cm}^2$, waaruit iedere seconde (bij elke slag van de hartpomp) ca 60 cc afgevoerd wordt. De regeling hoeft deze slagen niet te volgen, omdat de bak hiervoor zelf reeds een buffer vormt. Het is dus toegestaan en voor een regelmatige loop zelfs gewenst, dat de bandbreedte van de regeling kleiner is dan 1 Hz. De nauwkeurigheid is voldoende wanneer het niveau binnen enkele cm konstant gehouden wordt bij een waterafname die in bedrijf van 0 - 100 cc/sec kan bedragen.

Het vermogen van de pomp moet toereikend zijn om de benodigde hoeveelheid water tot twee meter hoogte op te pompen; bij de inbedrijfstelling van de installatie is het zelfs prettig, wanneer de capaciteit wat groter is zodat het reservoir snel gevuld wordt.

Het is wenselijk, dat het regelsysteem ongevoelig is voor veranderingen in de vloeistofsamenstelling en uiteraard ook voor andere mogelijke storingen.

Bij dit alles moet de elektrische veiligheid niet uit het oog verloren worden, in het bijzonder omdat het een installatie met water betreft.

2.2. Principe van de opbouw

In het blokschema (fig.2.2.-1) wordt een schets van de opbouw gegeven.

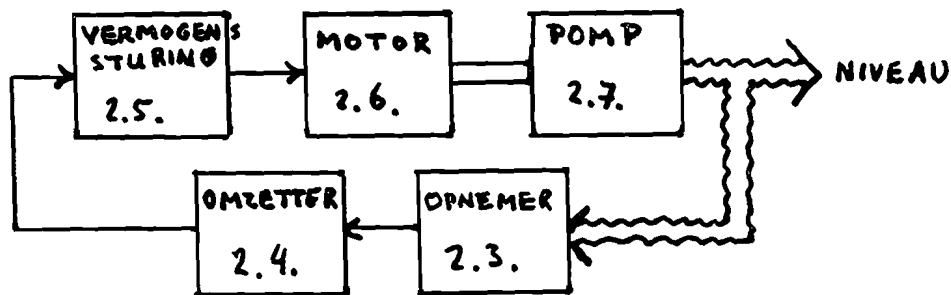


fig.2.2.-1. Blokschema van de installatie

In dit schema worden de volgende componenten onderscheiden:

-De opnemer

Deze heeft als doel om het vloeistofniveau om te zetten in een elektrisch meetbare grootte. Dit moet eenduidig en reproduceerbaar geschieden, onafhankelijk van de fysische eigenschappen van de vloeistof. Bovendien moet hij bestand zijn tegen corrosie door het water, waarin agressieve bestanddelen (zout) kunnen voorkomen.

-De omzetter.

Deze moet de veranderlijke elektrische grootte van de opnemer vertalen in een signaal dat de vermogenssturing kan beïnvloeden. Tevens moet hier het meetcircuit (laagspanning) geïsoleerd worden van het gedeelte dat onder netspanning staat.

-De vermogenssturing

Deze moet het mogelijk maken om met een klein signaal een relatief groot elektrisch vermogen te besturen.

-De motor

Zet de elektrische energie om in mechanische (rotatie)

-De pomp

Zet mechanische rotatie om in waterverplaatsing en zodoende in niveauvariëaties.

De realisering van de blokken uit fig.2.2.-1. wordt beschreven in de volgende paragrafen.

2.3. De opnemer

Een voorde hand liggend idee is, gebruikte maken van de elektrische eigenschappen van water. Water kan een goede geleidbaarheid hebben (afhankelijk van aanwezige elektrolyten) en heeft ook een opmerkelijk hoge diëlektrische konstante ($\epsilon_r = 80$). Een paar elektroden, in water gehangen, heeft als elektrisch vervangingschema een parallelschakeling van een weerstand en een condensator, waarvan de waarden afhangen van onder andere de diepte waarmee de elektroden in het water hangen. Dit is dus in principe als niveau-opnemer te gebruiken.

De opnemer bevindt zich in een geaard metalen reservoir, waardoor de impedantiemeting beïnvloed zou kunnen worden. Dit probleem is ineens opgelost door de metalen bak zelf als tweede elektrode te gebruiken. De eerste elektrode, die in de bak hangt, wordt in het vervolg aangeduid met "opneemelektrode", waarbij steeds bedacht moet worden dat de

werking als opnemer alleen plaats kan vinden samen met de bak of een andere tegenelektrode.

De opneemelektrode kan in principe van blank metaal vervaardigd zijn. Het blijkt nu, dat optredende korrosie vrij veel invloed heeft op de overgangsweerstand van de (vrij kleine) elektrode naar het water. Bovendien kunnen door elektrolyse allerlei produkten ontstaan die het water verontreinigen. Deze problemen worden voorkomen door de opneemelektrode van een dunne isolatie te voorzien. Dan wordt gelijkstroommeting onmogelijk, maar dat geeft toch al moeilijkheden wegens polarisatieverschijnselen (gasontwikkeling). Overigens wordt bij een geïsoleerde elektrode het vervangingsschema wel gekompliceerder (fig.2.3.-1)

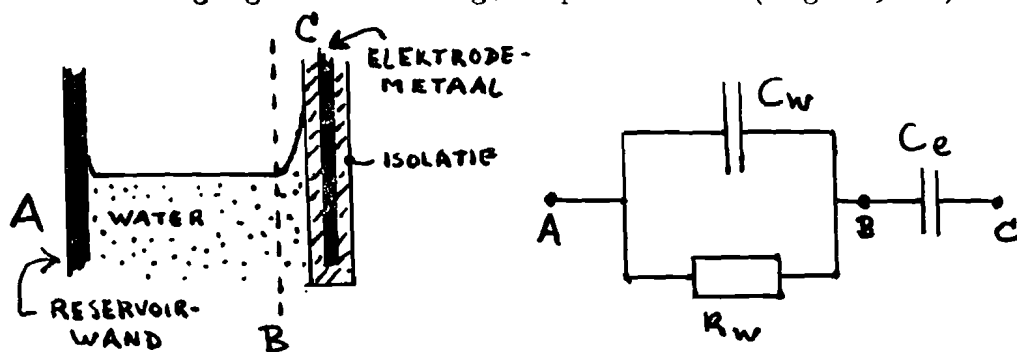


fig.2.3.-1. Geïsoleerde elektrode in metalen bak en vervangingsschema.

Tussen de wand van de bak A en het vlak B bevindt zich weer de weerstand en capaciteit van het water (C_w en R_w). Vlak B en de elektrode C vormen met de tussenliggende isolatie een plaatkondensator, die in het vervangingsschema wordt voorgesteld door C_e .

De capaciteit C_w is erg klein, zodat deze tot vrij hoge frekwenties buiten beschouwing gelaten kan worden. ($j\omega C_w \ll 1/R_w$). De overblijvende impedanties R_w en C_e zijn beide afhankelijk van het vloeistofniveau. Meting van C_e is dus een nieuwe manier om het niveau vast te stellen. Dit biedt verscheidene voordelen t.o.v. de meting van R_w :

- C_e is niet afhankelijk van de geleidbaarheid van de vloeistof, maar van dikte en eigenschappen van de isolatielaag.
- C_e verloopt beter lineair met het niveau dan de waarde van $1/R_w$.

De capaciteit is namelijk evenredig met het oppervlak van de elektrode, dat door water bedekt wordt, terwijl de weerstand afhankelijk is van de gehele geometrie van elektrode, water en reservoir. Om dezelfde reden is de waarde van C_e (bij gegeven materialen) ook beter voorspelbaar. Er treedt echter wel een ander probleem op. Zoals in fig. 2.3.-1 reeds is aangegeven, zal het water enigszins tegen de elektrode opkruipen, bij dalend niveau zal er zelfs een dun laagje tegenaan blijven kleven. Dit is te beschouwen als een uitbreiding van de "kondensatorplaat" die door het water gevormd wordt, en leidt tot een te hoge waarneming van het niveau. Deze kleef-capaciteit kan voorgesteld worden door een extra kondensator C_k (fig. 2.3.-2).

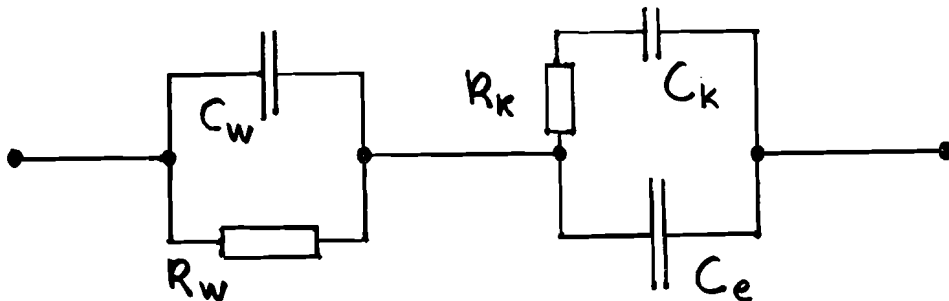


fig. 2.3.-2. Uitgebreid vervangingschema voor geïsoleerde elektrode

In deze figuur is tevens te zien, hoe deze C_k via een weerstand R_k verbonden kan worden gedacht. R_k wordt gevormd door de weerstand van het dunne kruiplaagje. Door een geschikte keuze van de frekwentie kan de invloed van dit verschijnsel verminderd worden. Er blijkt namelijk een frekwentiegebied te zijn waarin geldt $R_k \gg 1/\omega C_k$ terwijl ook nog geldt $R_w \ll 1/\omega C_e$. In dit gebied bestaat de waargenomen impedantie hoofdzakelijk uit $1/\omega C_e$, hetgeen vanwege de eerdergenoemde redenen gunstig is.

De gebruikte opnemer is weergegeven in fig. 2.3.-3 en bestaat uit een U-vormig gebogen strip aluminium, waarvan het onderste deel met dunne krimpkoos (0,15 mm) bekleed is.

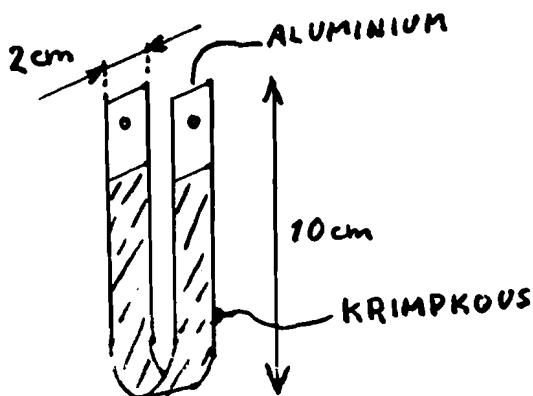


fig. 2.3.-3. Opneemelektrode.

De capaciteit verloopt, boven het gebogen deel van de U, lineair en wel met 300 pF/cm. Als meetfrequentie bleek ca 1 MHz te voldoen, bij een zoutconcentratie van 1 ‰. Bij deze frequentie had de impedantie $1/\omega C_e$ een prettig hanteerbaar niveau van enkele honderden ohms.

2.4. De omzetter

Deze moet de variërende capaciteit van de opnemer meten en met deze informatie via een galvanisch gescheiden koppeling een vermogensregeling beïnvloeden. In verband met de overzichtelijkheid is bij deze beschrijving het schema in stukken gesplitst. Achtereenvolgens worden besproken de laagspanningsvoeding, de oscillator, de opnemerschakeling en h.f. versterker, de detektor en de eindtrap.

2.4.1. De laagspanningsvoeding.

Zoals in iedere elektronische schakeling is ook hier een voedingsspanning nodig. Het toegepaste schema is te zien in fig. 2.4.-1 en bestaat uit transformator, gelijkrichtcel en een afvlak- en stabilisatieschakeling.

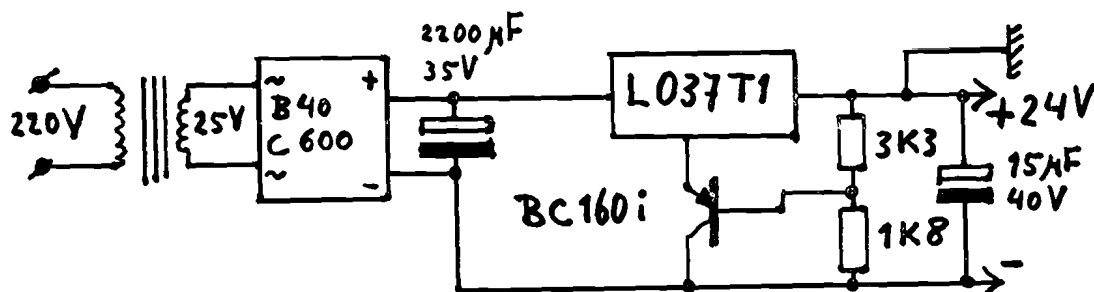


fig. 2.4.1. Schema van de laagspanningsvoeding.

Er is gebruik gemaakt van een geïntegreerde spanningsstabilisator van 15 volt, echter volgens een application note zodanig geschakeld dat het resultaat 24 V bedraagt. Om redenen, die in 2.4.3. uiteengezet worden, is de + aan aarde verbonden.

2.4.2. De oscillator.

Deze schakeling is bijna zonder wijziging van een bestaand schema overgenomen. Hij bestaat uit een drietraps transistorversterker, waarvan de uitgang via een Wien-brug (serie RC- parallel RC) aan de ingang verbonden is. Zie fig. 2.4.-2.

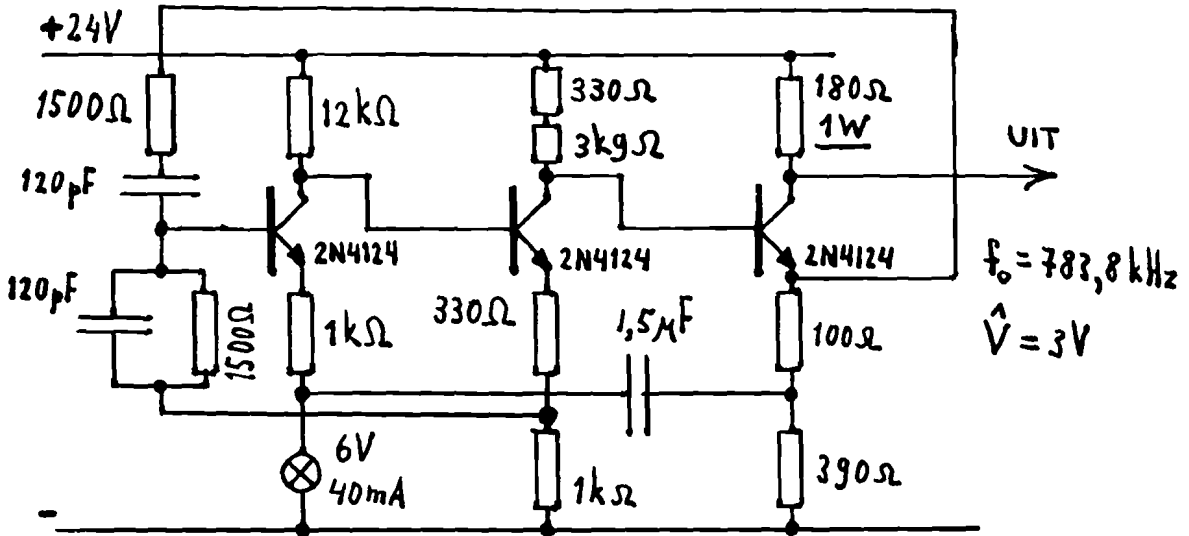


fig.2.4+2. Schema van de oscillator

Hierdoor treedt een oscillatie op met een frekwentie van $f_0 = 1/2\pi RC$. In dit geval $R = 1500\Omega$ en $C = 120\text{ pF}$. Het resultaat is volgens metingen een frekwentie van 783,8 kHz. Door het gebruik van micacondensatoren en metaalfilmweerstand als frkwentiebepalende elementen was in het temperatuurgebied $20^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$ de frekwentievariatie niet meer dan 0,1 kHz. In het schema is ook te zien de amplitudestabilisatie via een gloeilampje. De uitgangsspanning beïnvloedt via de stroomafhankelijke weerstand van dit lampje de versterking van de eerste trap. Het resultaat is een uitgangsspanning van $\hat{V} = 3\text{V}$.

2.4.3. De opnemerschakeling en de h.f. versterker.

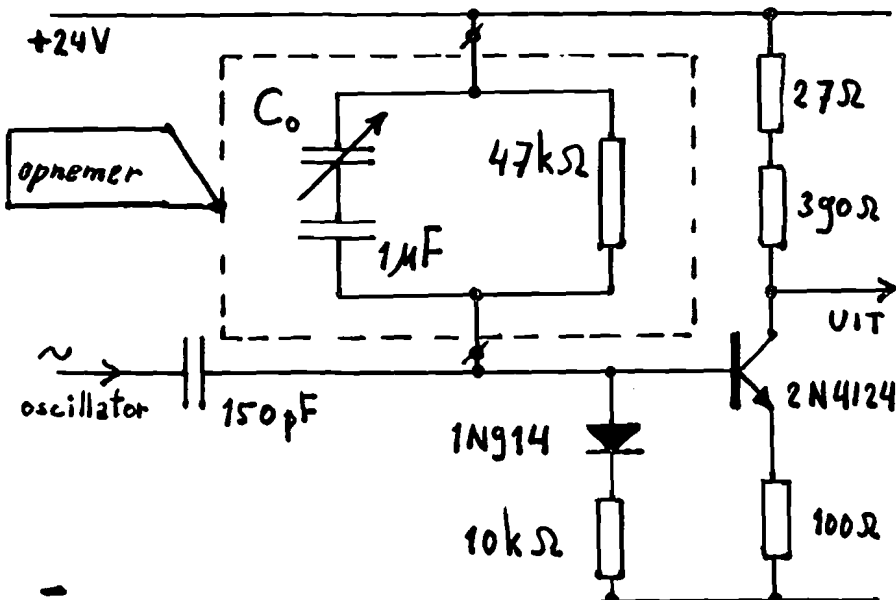


fig.2.4+3. schakeling vande opnemer en de h.f. versterker.

Zoals in fig.2.4.-3. te zien is, vormt de opnemer, samen met de 150 pF kondensator, een h.f. spanningsdeler. Niet in het schema te zien, doch wel aanwezig, is de capaciteit van de coaxiale aansluitkabel. De lengte hiervan mag, bij gewone koaxkabel, maximaal twee meter bedragen. Voor de hoogfrequentie spanning kan zowel de + als - voedingsspanning als aarde gebruikt worden, doch de + is welbewust gekozen, zoals nog zal blijken. De deling is afhankelijk van de capaciteit van de opnemer en daarmee van het vloeistofniveau. Een hoger niveau geeft een kleinere spanningsdeling. De gedeelde oscillatorspanning is verbonden aan de basis van een transistor, die als versterker geschakeld is. Deze versterking is aangepast aan de rest van de schakeling. De 47 k Ω weerstand voor de basisstroominstelling is bij de opnemer aangesloten. Het gevolg is, dat bij niet aangesloten opnemer de transistor geen basisstroom krijgt en dan dus ook niet de op de ingang aangesloten oscillatorspanning versterkt. Anders zou bij niet-aangesloten opnemer het signaal "volle kracht pompen" gegeven worden. Deze voorziening vormt ook de reden, waarom de + voedingsspanning als h.f. aarde gebruikt is. Met deze beveiliging treedt echter nog het volgende verschijnsel op:

bij afwezigheid van de opnemer veroorzaken de positieve periodehelften van de oscillatorspanning een basisstroompje in de transistor, terwijl de negatieve helften door de 10 k Ω weerstand teruggevoerd worden. Het gevolg is, dat de pomp toch een stuursignaal zou krijgen. Dit werd verholpen door het aanbrengen van de 1N914 diode in serie met de 10 k Ω weerstand. Daardoor blijft de 150 pF kondensator na de eerste positieve periodehelft opgeladen, zodat er geen volgende positieve helft meer door kan.

Tenslotte moet nog vermeld worden, dat de 1M F kondensator in serie met de opneemelektrode zorgt dat er geen gelijkspanning op deze elektrode kan komen. Zodoende kan b.v. een lek in de isolatie van de opnemer, of een "ongelukje", niet de instelling van de transistor beïnvloeden (met beschadiging van de laatste als mogelijk gevolg).

2.4.4. De detektor en de eindtrap

Zie fig.2.4.-4. op de volgende pagina.

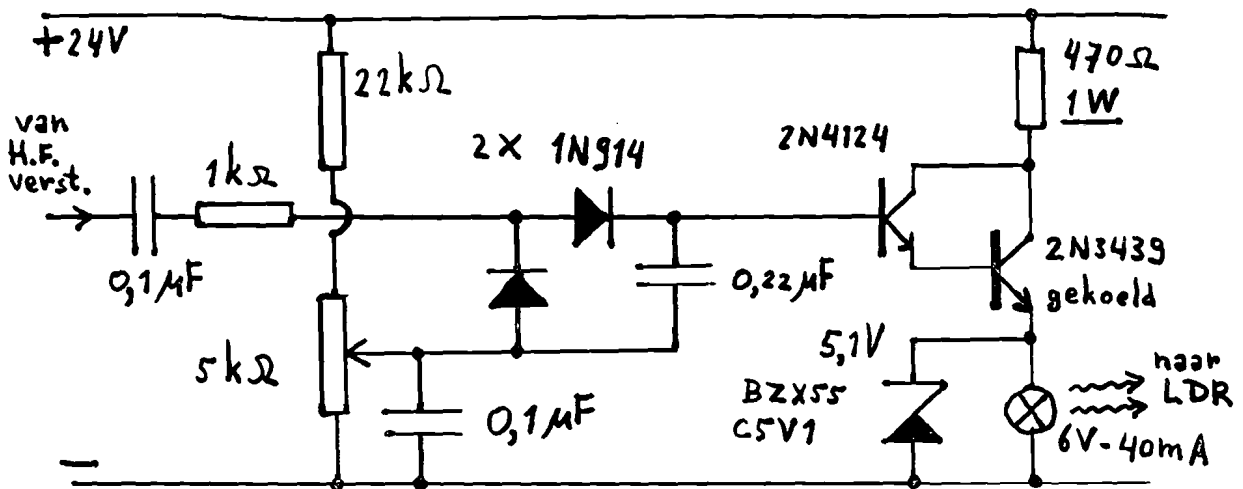


fig.2.4.-4. Schema van de detektor en de eindtrap.

De schakeling met de $0,1 \mu\text{F}$ condensator, $1 \text{ k}\Omega$ weerstand, twee diodes en $0,22 \mu\text{F}$ condensator kan onbelast in principe de dubbele topwaarde van de ingangswisselspanning leveren. In de realiteit verliezen we meteen de spanningsval in de diodes ($2 \times 0,6 \text{ V}$).

De $22 \text{ k}\Omega$ weerstand + $5 \text{ k}\Omega$ instelpotmeter + $0,1 \mu\text{F}$ condensator vormen een instelbare voorspanningsbron, die de spanningsval in de diodes compenseert en tevens een voorspanning levert (totaal ca 2 V) voor de eindtrap, die gevormd wordt door een Darlington pair.

Deze trap heeft een tamelijk hoge ingangsimpedantie, om de detektor niet teveel te belasten. Aan de uitgang bevindt zich een gloeilampje, dat een lichtgevoelige weerstand beïnvloedt die in de vermogensregeling opgenomen is. Lampje en LDR zijn, met een diafragma ertussen, samen in een lichtdichte behuizing ondergebracht. Hiermee wordt een galvanische scheiding tussen zwakstroom en sterkstroomgedeelte bereikt.

Om een lange levensduur te bereiken, wordt het 6 V lampje slechts tot 5 V gebruikt. Hiertoe zijn de kollektorweerstand van 470Ω en ten overvloede de zenerdiode van $5,1 \text{ V}$ aangebracht.

2.5. De vermogenssturing

Hiervoor werd uitgegaan van een triac, dat is een tweevoudige thyristor, geschikt voor wisselspanning. In fig.2.5.-1 is het schema van de triac-regelaar te zien.

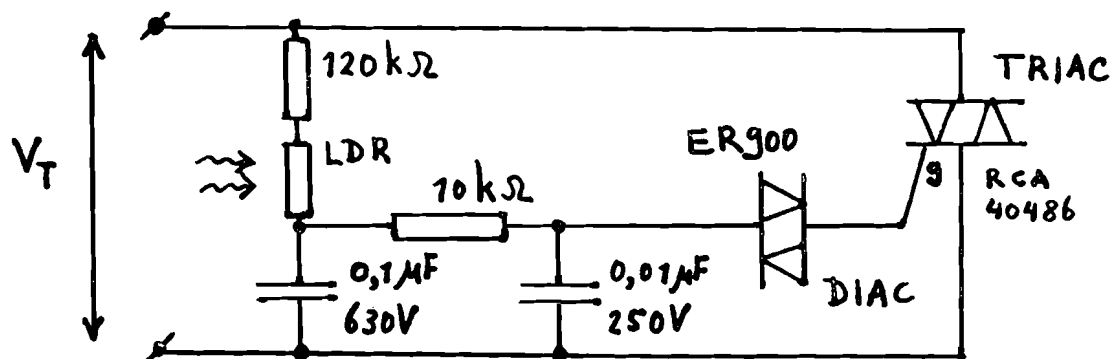


fig.2.5.-1. Schema van de triacregeling

Dit schema is een veel gebruikte schakeling voor triac-regelingen die een vermogen vanaf ongeveer nul moeten kunnen regelen. De waarden van de componenten zijn proefondervindelijk geoptimaliseerd om samen met de gebruikte gloeilamp/LDR combinatie een gunstige regelkarakteristiek te verkrijgen. De werking is als volgt:

De schakeling is in serie met de belasting op de 220 V, 50 Hz wisselspanning van het net aangesloten. Bij het begin van de periode van de sinus wordt de 0,1 μF condensator opgeladen in een tempo dat afhangt van de weerstandswaarde van de LDR. Het laden verloopt sinusvormig, in fase achter op de klemspanning V_T . De condensator van 0,01 μF wordt ook opgeladen, met nog meer achterlopende fase. Op een gegeven moment bereikt de spanning op de 0,01 μF condensator een waarde van 32 V. Op dat moment slaat de diac (wisselstroom-triggerdiode) door en ontlaaft zodoende de kleine condensator via de gate van de triac, die daarop triggert, (dus geleidend wordt). Nu vormt de schakeling, die in serie met de belasting staat, een doorverbinding totdat de stroom weer nul wordt (aan het eind van de halve sinusperiode). Op deze manier is een stuk van de sinus afgesneden, hetgeen neerkomt op een gemiddeld lagere spanning over en stroom door de belasting. Nu is de belasting in dit geval de rotor van een gelijkstroommotor. Er is dus ook nog een gelijkrichter nodig. In fig.2.5.2. is te zien hoe de gehele schakeling is opgebouwd. De spoel van 350 μH, de condensator van 0,1 μF en de weer-

stand van 47Ω dienen om radiostoringen te onderdrukken, die ontstaan door het sterk sprongvormige verloop van de stroom door de triac.

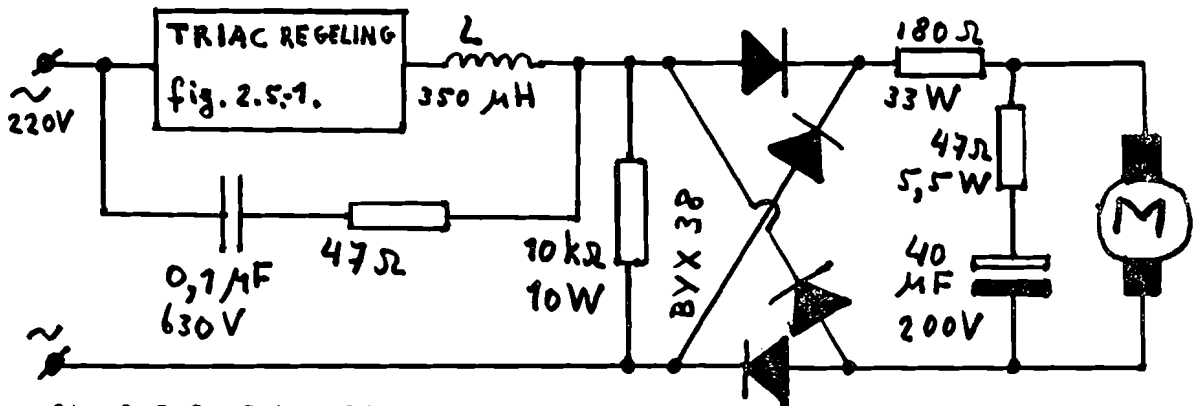


fig.2.5.2. Schakeling van de rotorsturing.

De weerstand van $10\text{ k}\Omega$ is toegevoegd om de werking van de schakeling te stabiliseren, aangezien de motor met gelijkrichtschakeling een zeer onprettige belasting vormt. Achter de gelijkrichter bevindt zich een serieweerstand van 180Ω . Deze bleek nodig te zijn om het werkgebied van de regeling en de motor aan elkaar aan te passen. In feite kan de motor namelijk aanmerkelijk meer vermogen leveren dan nodig was, en het bleek onmogelijk om de triacregeling op een zeer laag bereik prettig regelbaar te maken.

Parallel aan de rotor bevindt zich nog een weerstand van 47Ω in serie met een condensator van $40\mu\text{F}$. Deze componenten vlakken de ongelijkmatige spanning enigszins af, waardoor het motorgeluid beperkt wordt.

2.6. De motor.

De gebruikte motor is van het fabrikaat Grosschopp, type KM 94-60. Het is een gelijkstroommotor met gescheiden veld-en rotoraansluitingen, beide voor een nominale spanning van 180 V. De opgenomen veldstroom is 0,11 A, de rotorstroom mag maximaal 0,95 A bedragen. Bij een toerental van 4500 omw/min kan dan 120 W mechanisch geleverd worden.

Aangebouwd aan de motor zit een snelheidsreductie van 1:30, waardoor het toerental aangepast wordt aan de aan te drijven rollenpomp.

Bij normaal bedrijf bleek de benodigde rotorspanning slechts 45 V te bedragen. Dit was bezwaarlijk omdat de triacsturing in dat gebied tamelijk onnauwkeurig en niet-lineair werkt. Een theoretische oplossing is het verhogen van de veldstroom, daardoor wordt namelijk de inductiespanning in de draaiende rotor sterker. Dit was echter onmogelijk omdat

reeds de maximale bekrachtiging van het veld werd toegepast. Uiteindelijk is gekozen voor de minder elegante, maar wel afdoende oplossing van een extra serieweerstand. (zie par. 2.5.). De triacregeling kan dan een hogere spanning leveren terwijl toch slechts 45 V aan de rotor wordt toegevoerd.

De voeding van het veld geschiedt via een gelijkrichtcel en een serie-weerstand uit het net (fig. 2.6.-1).

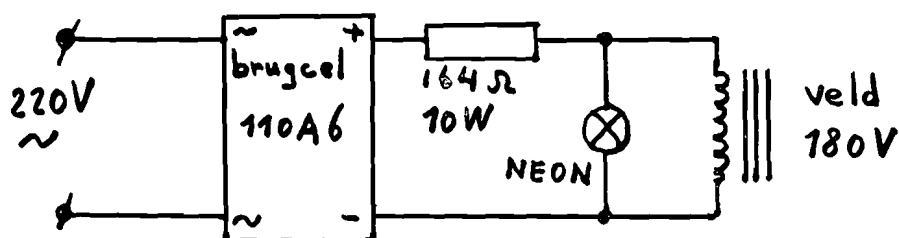


fig. 2.6.-1. Voeding van de veldwikkeling van de motor.

2.7. De pomp.

Deze werd nagebouwd van een bestaand model rollenpomp. De vloeistofverplaatsing wordt bewerkstelligd door de beweging van aandrukrollen langs een rubberslang, waardoor de slanginhoud verder geperst wordt. Dit soort pomp wordt vaker gebruikt in medische toepassingen, met name om bloed te verpompen, aangezien daarbij een voorzichtige behandeling nodig is i.v.m. beschadiging van de bloedlichaampjes. Ook is zulk een pomp gemakkelijk schoon (en steriel) te houden.

Bij deze pomp ligt de slang over een halve cirkel ondersteund, terwijl er twee aandrukrollen langs roteren. Tussen de rollen zit een slanglengte van ongeveer 25 cm. Bij de gebruikte slang is de binnendiameter 16 mm, zodat het ingesloten volume ongeveer 50 cc bedraagt, wat dus de waterverplaatsing per halve slag zal zijn. Bij een gewenste pompsnelheid van 60 cc/sec is dan een toerental van ongeveer 40 omw/min nodig.

3. Konstruktie en gebruik

3.1. De opnemer.


De opnemer, volgens de konstruktie van fig.2.3.-3.(pag.8), is geïsoleerd opgehangen aan een verschuifbare staaf bovenin het vloeistofreservoir van het aortamodel. Bij de opnemer zijn een kondensator van 1 μ F en een weerstand van 47 k Ω aangebracht zoals in het schema van fig.2.4.-3. (pag.10). Het geheel is voorzien van een coaxiale aansluitplug.

3.2. Het elektronische gedeelte.

Dit is ingebouwd in een aparte behuizing. De schakeling is op drie aparte montagebordjes aangebracht, die beschreven zijn in de bijlagen 1, 2 en 3. Deze bordjes zijn geplaatst in een kast en worden door printgeleiders op hun plaats gehouden. De laagspanningsdelen zijn aangesloten via printkonnektors, het netspanningsgedeelte met vaste bedrading en stekerbussen. Het netspanningsdeel is vastgemaakt aan de frontplaat, die in bijlage 4 afgebeeld is. De netschakelaar hierop schakelt zowel de laagspanningsvoeding als de motorvoeding en heeft een ingebouwd kontrôlelampje. De koaxiaalplug op de frontplaat is intern via een kabeltje met kleine koaxplug op de schakeling aangesloten.

De voedingstransformator is apart in de kast geplaatst. Eveneens de serieweerstanden, in verband met hun niet onaanzienlijke warmteontwikkeling.

In de kast zit een verbindingsstrip waarvan de aansluitingen als volgt zijn aangeduid:

- R serieweerstand van rotorvoeding (wit tweaderig snoer)
- ⊗ kontrôlelampje van de netschakelaar (rood en geel, dunne draad)
- ▲ 220 V komende uit netschakelaar, naar voedingstrafo (gele draden)
- ▼ 220 V van de netstekker, naar zekering en schakelaar (wit 2aderig)
-  netaarde (wit-groene draad)

3.3. De motor en de pomp.

Deze zijn uiteraard aan elkaar gebouwd. De kast is voorzien van twee drie-pens aansluitingen, zoals in bijlage 5 getoond wordt.

Van een dezer aansluitingen is echter de middelste pen verwijderd, terwijl van de bijbehorende stekker (aan het speciale verbindingssnoer) het korresponderende gat is opgevuld. Het gevolg is, dat vergissingen

bij de aansluiting onwaarschijnlijk worden, en de enige mogelijke vergissing kan zijn dat de rotorspanning op het veld wordt aangesloten, wat niet desastreus is.

Voorts toont bijlage 5 hoe de aansluitingen in het inwendige zijn aangebracht.

3.4. Overzicht van de instellingen in het werkgebied

In de hier volgende tabel zijn de afgeronde waarden gegeven van de belangrijkste variabelen in het regelproces, bij zeer lage snelheid (enkele cc/sec ; de pomp kan ook stilstaan, maar dan liggen de spanningen niet eenduidig vast), de middelste snelheid (60 cc/sec) en de maximale toegepaste snelheid (120 cc/sec) van de pomp. In deze tabel is te zien hoe de werkgebieden der componenten aan elkaar zijn aangepast, zodanig dat uiteindelijk het "pompegebied" korrespondeert met een vloeistofniveauevariatie van enkele centimeters. De gegeven waarden horen bij een proefopstelling met een opvoerhoogte van twee meter, en een koaxiaalkabel van 1,20 m aan de opnemer.

<u>grootheid</u>				<u>eenheid</u>
d_o	5	3,8	2	cm
\hat{V}_o	0,32	0,38	0,59	volt
\hat{V}_A	1,35	1,6	2,5	volt
V_L	2,7	3,2	4,9	volt
R_{LDR}	220	100	15	$k\Omega$
V_G	40	83	144	volt
V_w	35	40	50	volt
V_R	3	43	94	volt
T_p	2	40	80	omw/min
D_p	(3)	60	120	cc/sec

Betekenis van de symbolen

- d_o diepte van de opneemelektrode in het water
- \hat{V}_o topwaarde van de wisselspanning op de opnemer, gemeten op de oscilloscoop.
- \hat{V}_A topspanning van de wisselspanning aan de uitgang van de h.f. versterker.

V_L	gelijkspanning op het gloeilampje
R_{LDR}	weerstand van de LDR
V_G	gemiddelde gelijkspanning na de gelijkrichter, gemeten met draaispoelinstrument (in feite een pulserende spanning)
V_w	gelijkspanning over de 180Ω serieweerstand
V_R	gelijkspanning op de rotor van de motor
T_p	toerental van de pomp
D_p	vloeistofverplaatsing door de pomp

Bij het maximum toerental geeft de triacregeling een sinus met ongeveer gehalveerde periodehelften.

De voorspanning bij de detektor is zodanig ingesteld, dat bij kortgesloten opnemer (NIET de opnemeraansluiting van de kast kortgesloten, maar alleen de eigenlijke opneemelektrode, zie 2.4.3.) op het gloeilampje nul volt staat.

3.5. Ingebruikname van de apparatuur

Bij het in bedrijf stellen wordt aangeraden de volgende procedure te volgen:

-Kontrôle van de pomp: Toestãd van de rubberslang; instelling van de rollen (bij langdurige stilstand is het beter, deze los te zetten zodat de slang niet vervormd wordt).

-Ga na of het water-circuit in orde is: alle slangen goed en stevig aangesloten, voldoende water in het voorraadvat. Het zoutgehalte moet ongeveer 1 ‰ zijn (beter teveel dan te weinig).

-Breng de opnemer in de bak aan.

Kontroleer of de opnemer schoon is, zoniet dan afvegen. Het aardkontakt met de wand van het reservoir moet goed zijn, dit moet niet bereikt worden door de schroeven zeer vast aan te draaien maar door desnoods de bak plaatselijk schoon te schuren.

-Breng de aansluitkabel van opnemer naar regelkast aan. Voor de gebruikelijke koaxkabel (b.v. Amphenol RG 59) mag de lengte tot 2m bedragen.

-Verbind de regelkast via het bijbehorende snoer aan de pomp. Let op dat er geen verkeerde verbindingen worden gemaakt.

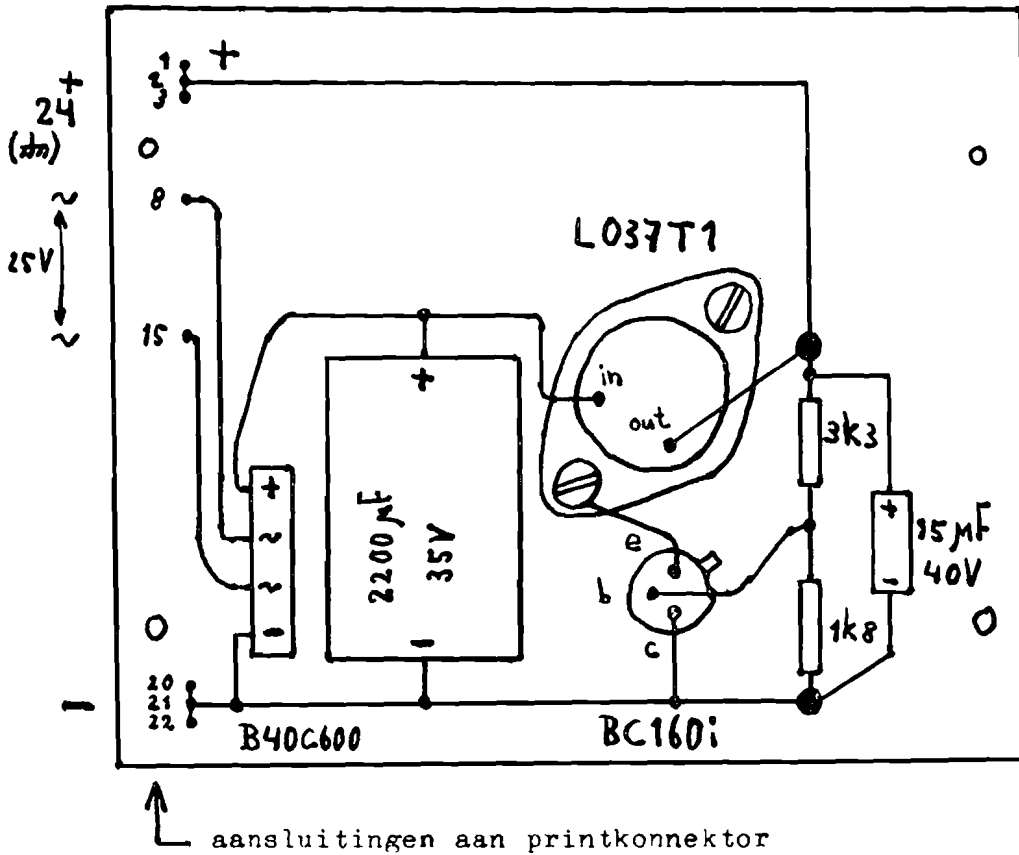
-Steek de netstekker in het stopkontakt.

-Schakel met de drukknop de netspanning in. Als alles goed is begint nu de pomp snel te lopen totdat het gewenste niveau bereikt is, waarna dit konstant wordt gehouden. Indien de pomp niet gaat lopen, is de beste handelswijze om onmiddellijk weer uit te schakelen en de fout op te sporen. Wel kan men vóór het uitschakelen nog controleren of de lamp op het pomphuis brandt, die een indicatie vormt voor de aanwezigheid van veldspanning.

Konklusie

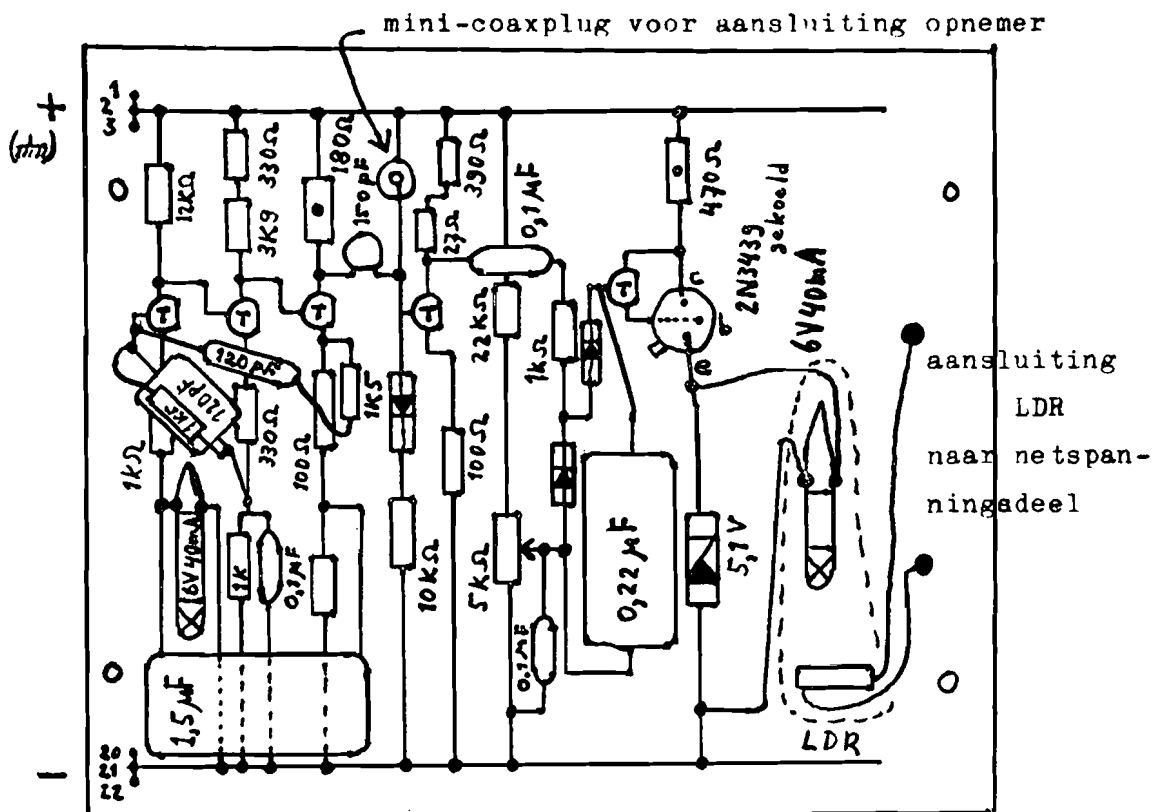
De gebouwde niveauregeling blijkt bij experimenten aan de gestelde eisen te voldoen. Het niveau wordt binnen enkele cm konstant gehouden, bij het bedoelde gebruik zelfs slechts enkele mm. De regeling is vrijwel onafhankelijk van de temperatuur en slechts weinig afhankelijk van het zoutgehalte van de vloeistof. De bandbreedte is zonder speciale maatregelen laag genoeg (t.g.v. toevallige eigenschappen in de schakeling en mechanische traagheid) om de pomp rustig te laten lopen. Ook aan enkele eisen die niet voorzien waren, is voldaan: de radiostoring is geëlimineerd en het geluidspeil is acceptabel gemaakt. De elektrische veiligheid is door aarding en optische scheiding gewaarborgd. De bediening is eenvoudig en er zijn enige maatregelen genomen om rampen tengevolge van vergissingen te voorkomen. Het bereik is groot genoeg om bij inbedrijfstelling snel de vloeistof op het gewenste peil te brengen. Een regelmatig gebruik zal tot een verantwoord oordeel over de bedrijfszekerheid kunnen leiden.

Bijlage 1 Onderdelenopstelling en bedrading van de laagspanningsvoeding


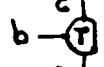
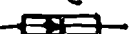


Aanzicht onderdelenzijde; ook de bedrading die zich aan de andere zijde bevindt, is getekend.

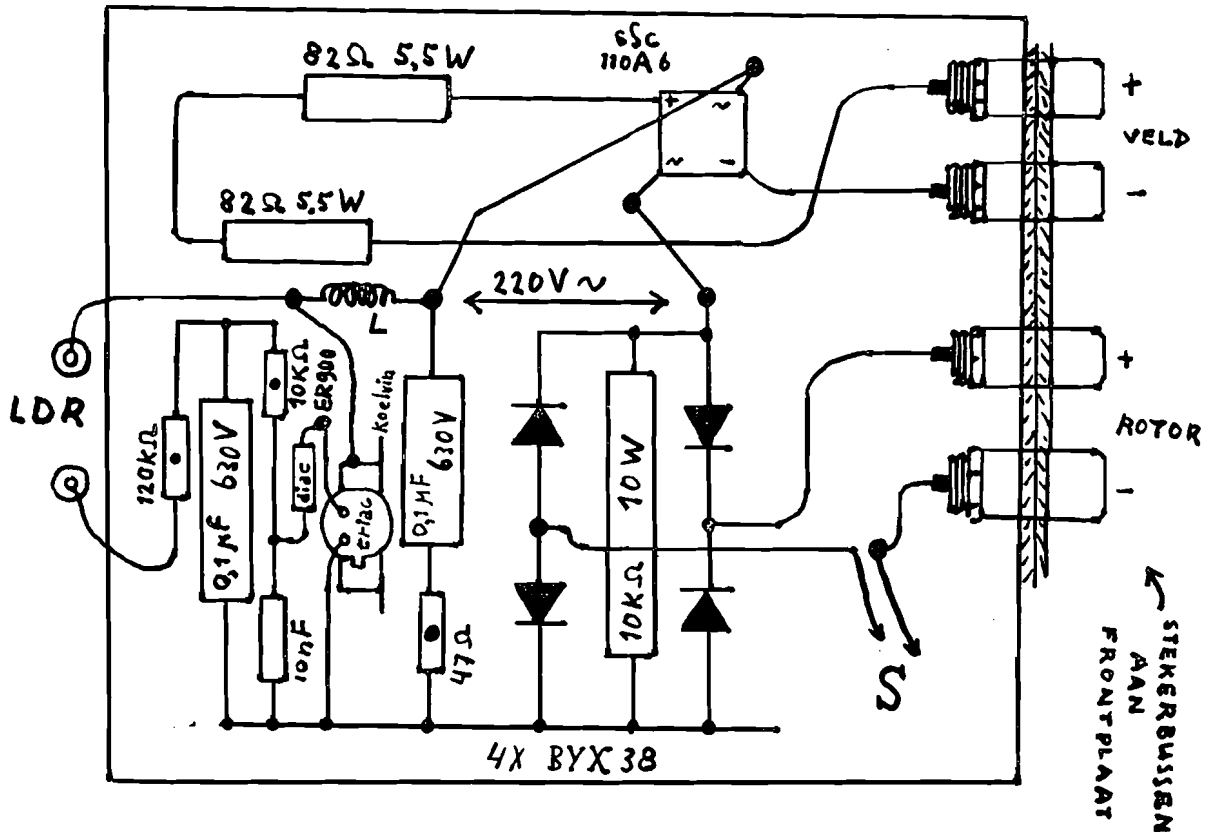
Bijlage 2 Onderdelenopstelling en bedrading van het laagspanningsdeel



Aanzicht onderdelenzijde; ook de bedrading is getekend.

-  weerstanden met stip zijn voor $\frac{1}{2}W$; andere $\frac{1}{4}W$.
-  transistor type 2N4124 bovenaanzicht
-  diode type 1N914

Bijlage 3 Onderdelenopstelling en bedrading van het netspannings-
gedeelte.



Aanzicht onderdelenzijde; ook de bedrading is getekend.



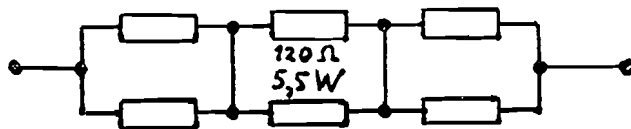
weerstand $\frac{1}{2}$ W



spoel op ringkern



serieweerstand van de rotorvoeding, elders in de kast aangebracht. $6 \times 120\Omega, 5,5 \text{ W} \implies 180\Omega, 33 \text{ W}$



gate

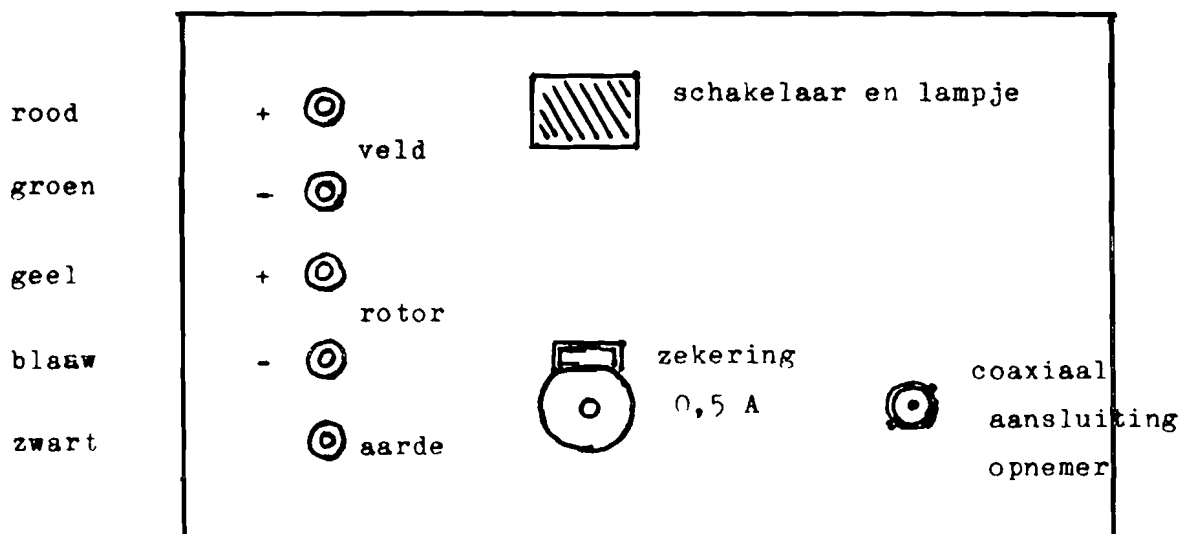


triac RCA 40486 van onderen gezien
(ondersteboven gemonteerd op koelvin)

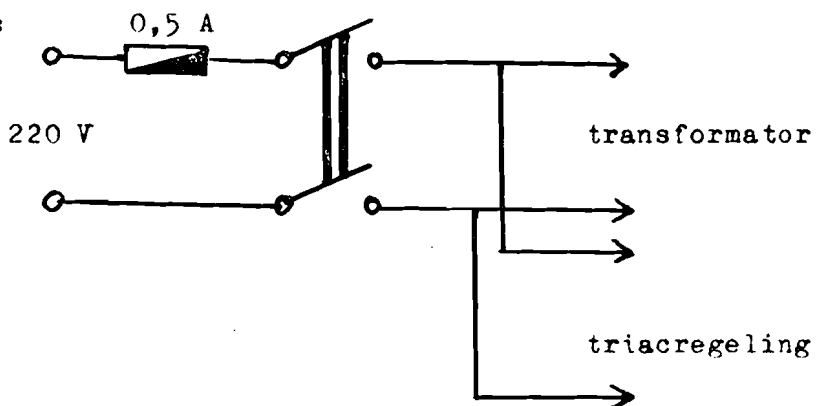
MT1

MT2 (huis)

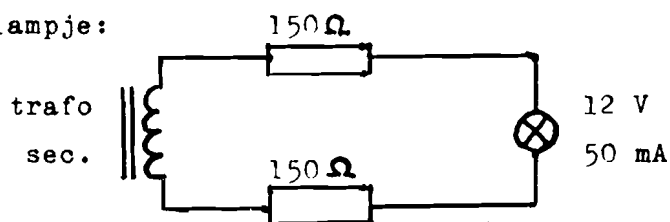
Bijlage 4 Frontplaat en schakelschema



schakelschema:



kontrolelampje:



Bijlage 5 Aansluitingen in en aan de motor/pompkast

