



P. VAN DER PLOEG

Constructie en Onderhoud van Industriële Electronische Apparaten



CONSTRUCTIE EN ONDERHOUD

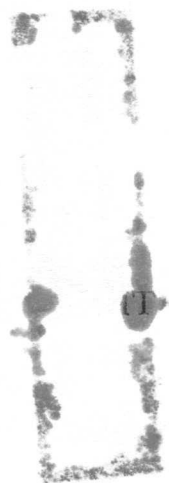
van

Industriële
Electronische
Apparaten

DOOR P. VAN DER PLOEG

POPULAIRE REEKS
PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

CONSTRUCTIE EN ONDERHOUD
VAN
INDUSTRIELE ELECTRONISCHE APPARATEN



CONSTRUCTIE EN ONDERHOUD

VAN INDUSTRIËLE ELECTRONISCHE APPARATEN

door

P. van der Ploeg

J. P. de Jongh, PAoDEJ
Begoniastraat 54,
Roosendaal

1958

MEULENHOFF & Co. N.V. - AMSTERDAM

PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

Dit boek wordt uitgegeven in de Nederlandse,
Duitse, Engelse en Franse taal.
116 pagina's, 22 figuren en 33 buiten tekst foto's
U.D.C. 621.385.002.2: 621.385.004.5

Copyright : N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken — Eindhoven (Nederland)

Nadruk, ook gedeeltelijk, verboden

Alle in dit boek opgenomen gegevens
zijn medegedeeld zonder octrooigarantie van de
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven

VOORWOORD

Dit boekje beoogt de constructeur en de onderhoudsman te laten zien dat de goede werking van een electronisch apparaat en het bedrijfsklaar houden ervan voor een groot deel afhangen van kleinigheden waarop men bij ontwerp, fabricage, gebruik en onderhoud moet letten. Wij moeten in dit betrekkelijk „jonge” vak wijzen op deze kleinigheden. Er hebben zich immers nog geen tradities gevormd die een aantal van deze kleinigheden maken tot vanzelfsprekende dingen die „automatisch” worden gedaan.

Volledig is dit boekje niet. Dat kan het ook niet zijn, want bijna dagelijks komen nieuwe toepassingsgebieden en nieuwe constructie-elementen de mogelijkheden van de industriële electronica in het dagelijks leven vergroten.

Toch zullen de zienswijzen ten aanzien van constructie en onderhoud zoals die in dit boekje zijn weergegeven blijven gelden. Het bedrijfsklaar houden van het apparaat zal een van de belangrijkste aspecten van de constructie en het onderhoud blijven.

De afgebeelde foto's van apparaten zijn willekeurig gekozen. Ze dienen uitsluitend om een bepaald constructiedeel te laten zien ter illustratie van het betoog in de tekst.

Ten slotte dank ik de heren A. I. M. van Moorsel en G. H. Stel voor het bewerken van het manuscript en het persklaar maken van het geheel.

P. v. d. PLOEG

September 1958

INHOUDSOPGAVE

DEEL I

Hoofdstuk 1.	FUNCTIE VAN HET APPARAAT	1
	Algemene eisen	2
Hoofdstuk 2.	DE LABORATORIUMPROEF	5
	Keuze van onderdelen	5
	Controle en vervolmaking van de laboratoriumproef	7
	Uitwerken van de schakeling	9
Hoofdstuk 3.	HET PROTOTYPE	14
	Unit-bouw	14
	A. Electriche montage	15
	Indeling van het chassis	16
	Montage van elektrische onderdelen	18
	B. Kasten en rekken	23
	Opstelling van het chassis	23
	Frontpaneel	24
	Model van kast of rek	24
	Veiligheidsvoorschriften	26
	Gereedschap	27
	Ventilatie	27
	Afwerking en corrosie	28
	Transport	29
	Finishing touch	29
	C. Beproeving van het prototype	30
	D. Schema van de schakeling	33
	Het principeschema	34
	Het bedradingsschema	34
Hoofdstuk 4.	PRODUCTIE	38
	Boormallen	38
	Solderen	39
	Striptangen	39
	Eindcontrole	39
	Verzending	41
Hoofdstuk 5.	OPSTELLING EN INGEBRUIKNEMING	43
	Bedienend personeel	49
	Onderhoudspersoneel	50
	Nazorg	51

DEEL II

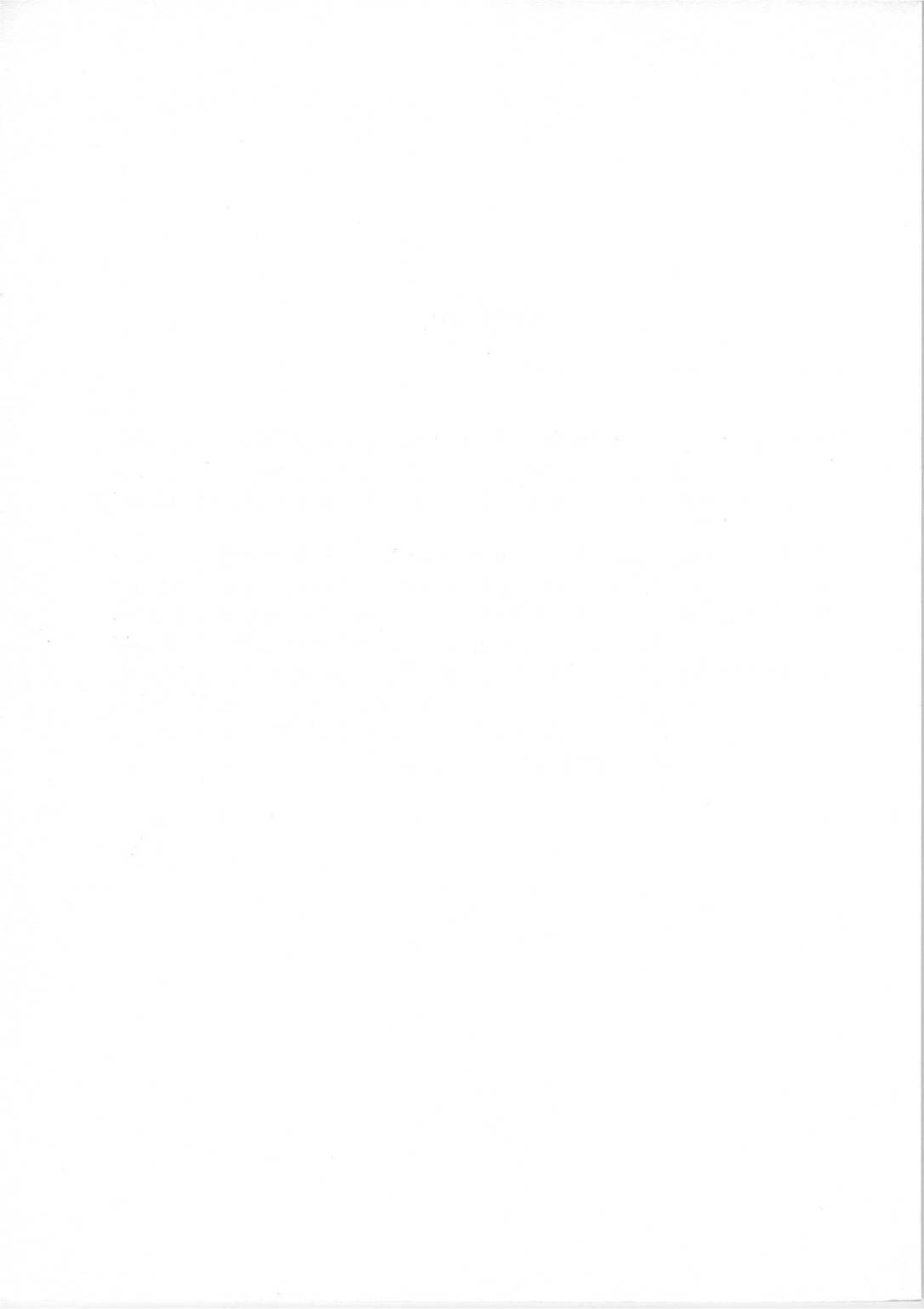
WENKEN VOOR HET ONDERHOUD VAN

	ELECTRONISCHE APPARATUUR	53
Hoofdstuk 6.	DOEL VAN HET ONDERHOUD EN DE PRACTIJK .	53
	Psychologische factoren	54
	Het stille apparaat	55
Hoofdstuk 7.	ONDERHOUD	57
	Onderhoudsdienst	57
	Preventief onderhoud	58
	Instrumenten	64
	1. Spanningzoeker	64
	2. Proeflamp	65
	3. Doormetapparaatje	66
	4. Stroom-, spannings- en weerstandsmeters	67
	5. Kathodestraaloscillograaf	69
	Vakkennis	71
	Handleidingen	75
	Doormeten	76
Hoofdstuk 8.	STORINGZOEKEN	78
	Oorzaak van de storing	85
	Het uitvoeren van de reparatie	86
Aanhangsel.	GEGEVENS VAN ELECTRONENBUIZEN	89
	Gloeispanning	90
	Opwarmtijd van de kathode, kwiktemperatuur	92
	Inschakelstroomstoot	97
	Anodespanning	97
	Anodestroom	100
	Kortsluit-topstroom	102
	Roosterspanning	103
	Roosterweerstand	103
	Ontsteekarakteristiek	105

INDELING

Om een zo logisch mogelijke indeling van dit boekje te krijgen wordt het ontstaan van een electronisch apparaat op de voet gevolgd vanaf de eerste laboratoriumproeven tot de productie en het onderhoud tijdens bedrijf.

Het is uiteraard onmogelijk om voor elk afzonderlijk praktijkgeval alle eisen waaraan het apparaat moet voldoen, op te sommen. Toch zal zoveel mogelijk worden stilgestaan bij de algemene electrische, mechanische en onderhoudstechnische eisen die aan een apparaat gesteld kunnen worden, evenals bij de invloed die de omgeving uitoefent op de functie en de opbouw van het apparaat en omgekeerd. Volledigheidshalve is aan het einde van het tweede deel een overzicht gegeven van de interpretatie van buisgegevens.



HOOFDSTUK 1

FUNCTIE VAN HET APPARAAT

Het lijkt misschien vreemd om te beginnen met de vraag of het inderdaad nodig is voor een bepaald doel een electronisch apparaat te ontwerpen. Toch is het zeer voor de hand liggend dat men zich bij het zoeken naar een oplossing voor een bepaald probleem afvraagt of een electronische oplossing in aanmerking komt, en zo ja, of deze de enige juiste is. De eisen die in de praktijk aan het apparaat gesteld worden, zullen hier in sterke mate doorslaggevend zijn. Het is namelijk niet zó dat een electronisch apparaat in elk voorkomend geval beter aan zijn doel zal beantwoorden dan een mechanisch apparaat. Overigens is het evenmin waar dat electronische oplossingen altijd de duurste, en dat mechanische oplossingen de meest betrouwbare zijn.

Bij al dergelijke beweringen worden geen gelijkwaardige zaken met elkaar vergeleken. Indien men aan een mechanisch apparaat dezelfde eisen stelt als aan een electronisch, zal in de meeste gevallen bijv. een grote regelsnelheid, constantheid van toerental, nauwkeurige instelling, enz., langs electronische weg gemakkelijker en nauwkeuriger verkregen kunnen worden dan langs mechanische weg. Is het echter niet nodig dat de apparatuur aan dergelijke hoge eisen voldoet, dan rijst meteen de vraag of een electronisch apparaat nog wel op zijn plaats is.

Het is bijv. niet nodig een electronische aandrijving te maken voor een draaibank van een onderhoudswerkplaats met een constantheid in toerental van 1%. Een afwijking van 5% of zelfs 10% is voor dit doel toelaatbaar en daarom zal een eenvoudige mechanische aandrijving goedkoper en betrouwbaarder zijn dan een electronische.

Bij een papiermachine daarentegen is het van uitermate groot belang dat de toerentallen van de afzonderlijke aandrijfmotoren met een nauwkeurighedsafwijking van ten hoogste 1% aan elkaar gerelateerd worden. Als dit niet gebeurt, breekt de papierbaan en treedt stagnatie

in het productieproces op. Hier heeft een grote nauwkeurigheid dus wel degelijk zin en is zij zelfs voorwaarde voor het goed functioneren van de machine.

Algemene eisen

Als men na overweging van het bovenstaande tot de conclusie is gekomen dat een elektronische oplossing de juiste is, moet men bij het opstellen van de eisen die aan het apparaat gesteld worden de volgende overwegingen niet uit het oog verliezen.

Het komt voor dat van de vele eisen waaraan het apparaat moet voldoen, er een of meer slechts eens per jaar worden benut, terwijl de overige dagen van het jaar een kleiner aantal eigenschappen van het apparaat worden gebruikt. In dat geval verdient het misschien aanbeveling om de werkzaamheden die deze bijzondere eigenschap van de machine slechts eens per jaar tot zijn recht laten komen, uit te besteden aan derden die hiervoor speciaal zijn ingericht, of ze langs andere weg te laten uitvoeren. Dit is natuurlijk vooral van belang als de desbetreffende eigenschap veel extra voorzieningen in de apparatuur vergt. Men moet nl. 300 dagen lang ook op dit gedeelte toezicht uitoefenen en het controleren, en dit alles om het één dag te kunnen gebruiken. Dit nog afgezien van de extra investeringen, het extra energieverbruik en de extra ruimte die nodig zijn.

De volgende fase in het ontstaan van het apparaat is het ontwerpen van een schakeling die de gewenste regeling, controle, enz. kan bewerkstelligen.

Bij een keuze uit diverse schakelingen zal men altijd tot op zekere hoogte tot een compromis moeten besluiten, omdat elke oplossing nu eenmaal bepaalde voor- en nadelen heeft. Drie hoofdeisen moeten evenwel voortdurend in het oog worden gehouden :

- 1) De **betrouwbaarheid** van het apparaat moet zo groot mogelijk zijn ;
- 2) De **schakeling** moet zo eenvoudig mogelijk zijn ;
- 3) De **bediening** moet zo eenvoudig mogelijk zijn.

Vanzelfsprekend moeten deze drie hoofdeisen worden afgewogen tegen allerlei andere belangrijke factoren, zoals bijv. rendement,

arbeidsfactor, afmetingen, gewicht en prijs. Maar bij een gegeven rendement of prijs zal men toch steeds moeten streven naar de verwezenlijking van de drie genoemde hoofdeisen, die logisch volgen uit het feit dat industriële apparatuur vrijwel altijd wordt bediend door een leek op het gebied van electronentechniek. Bovendien zal in 9 van de 10 gevallen geen ervaren electronentechnicus aanwezig zijn om in geval van storingen de helpende hand te bieden.

In dit licht gezien is het duidelijk dat het apparaat **betrouwbaar** moet zijn omdat reparaties stagnatie veroorzaken, hetgeen vanzelfsprekend productieverlies betekent. Bovendien kan het plotseling uitvallen van een controle- of regelapparaat verbranding of beschadiging van producten veroorzaken.

Dat de schakeling **eenvoudig** moet zijn ligt voor de hand, omdat een eenvoudige schakeling minder kans op storingen geeft dan een ingewikkelde. Verder kan een onderhoudsmonteur eerder een eenvoudige dan een ingewikkelde schakeling repareren.

Eenvoud van bediening is een dwingende eis in verband met de ondeskundigheid van het bedienend personeel; hoe minder knoppen aan een apparaat, des te beter de resultaten die met ongeschoolde krachten bereikt kunnen worden.

Een constructie is pas goed als het een verantwoord compromis genoemd kan worden van alle factoren overeenkomstig hun belangrijkheid. Is bijv. in een bepaald geval geen bijzonder grote nauwkeurigheid vereist, dan zal met een betrekkelijk eenvoudige bediening kunnen worden volstaan, terwijl een andere oplossing met een maximale precisie de bediening — en de service — aanmerkelijk ingewikkelder kunnen maken.

De drie bovengenoemde eisen — betrouwbaarheid, eenvoudige schakeling en bediening — resulteren in de praktijk onder meer in de volgende punten:

1. Een eenvoudige schakeling, d.w.z. uit zo weinig mogelijk onderdelen opgebouwd, verdient de voorkeur. Wanneer de essentiële eigenschappen niet in gevaar komen, loont het de moeite zo lang te zoeken tot de eenvoudigste oplossing is gevonden.
2. De schakeling mag niet te kritisch zijn, d.w.z. zij moet nog kunnen

werken met onderdelen die aan de grenzen van hun tolerantie liggen. Een apparaat dat kritisch is, vergt onderdelen met kleine toleranties en dit soort onderdelen is duur. Hoe kleiner de toleranties op een onderdeel zijn, hoe duurder de productie ervan wordt.

3. De gekozen electronenbuizen en onderdelen mogen niet boven de daarvoor toegestane belastingen worden gebruikt.
4. Men vrage zich tenslotte af of het gevraagde rendement, de noodzakelijke arbeidsfactor, etc. zullen worden bereikt.

Het spreekt vanzelf dat alleen erg eenvoudige schakelingen op papier de zekerheid geven dat zij in de praktijk aan alle verwachtingen zullen voldoen. Men kan natuurlijk allerlei grootheden nauwkeurig berekenen, maar de invloed die diverse oorzaken op de schakeling kunnen hebben, kan toch het beste worden ervaren door meting en controle van een praktische schakeling met behulp van een oscillograaf en diverse andere meetinstrumenten. Daartoe wordt een „laboratoriumproef” opgezet die wij in het volgende hoofdstuk zullen behandelen.

HOOFDSTUK 2

DE LABORATORIUMPROEF

De proef „op het plankje” (zie foto 1 en 2) of op een oud chassis heeft tot hoofddoel na te gaan of een schakeling inderdaad de vereiste eigenschappen heeft. Bovendien kan in deze proef worden geconstateerd of er misschien ongewenste nevenverschijnselen in de schakeling optreden. Al werkt het apparaat in eerste aanleg bevredigend, toch kunnen zich ongewenste verschijnselen voordoen, bijv. tengevolge van hoogfrequente oscillaties.

Het is ook heel goed mogelijk dat sommige onderdelen van de schakeling of zelfs de hele schakeling onstabiel is, wat zonder de laboratoriumproef, voorshands niet ontdekt zou zijn.

In dit stadium van de ontwikkeling van een apparaat bestaat er bovendien nog de gelegenheid om aandacht te besteden aan alle mogelijke storingen die zich kunnen voordoen.

Keuze van onderdelen

Alvorens verder in te gaan op de laboratoriumproef willen wij eerst enige opmerkingen maken over de onderdelen die men zowel voor deze proef als voor het uiteindelijke professionele apparaat zal gebruiken. Voorop staat dat voor alle onderdelen, zowel elektrische als mechanische, een goede kwaliteit wordt gebruikt. De onderdelen moeten zo gekozen worden dat eventuele defecte exemplaren in het land van de gebruiker kunnen worden vervangen door aldaar gangbare types. Wanneer in het land waar het apparaat gebruikt zal worden nationale normalisaties gelden, moet men daarvan profiteren, omdat gestandaardiseerde onderdelen het goedkoopst en dikwijls het best in hun soort zijn. Onderdelen met speciale toleranties of abnormale waarden of afmetingen gebruikte men alleen als er geen andere mogelijkheid is. Het bovenstaande geldt natuurlijk ook voor elektronenbuizen. Uit de door de fabrikant aangeboden serie buistypen moet men zoveel moge-

lijk de voorkeurstypen kiezen omdat de nalevering hiervan gewaarborgd is.

Het onderhoud van een apparaat wordt aanzienlijk vereenvoudigd door het aantal soorten onderdelen en buizen te beperken. Men zal bijv. in vele gevallen één bepaalde waarde voor de roosterlekweerstand van alle gebruikte buizen kunnen kiezen en één waarde voor de roosterserieweerstand van alle gebruikte thyratrons.

Het zal in sommige apparaten zelfs mogelijk zijn voor diverse buisposities één of twee buistypen te gebruiken, zodat bij service het overlijden van een buis snel kan worden geconstateerd door de buizen te verwisselen. Deze oplossing verdient vooral overweging voor mobiele zenders en alle andere apparatuur die op zulke plaatsen wordt opgesteld dat het verlenen van service op groot tijdverlies of kosten zal stuiten. Het principe van standaardisatie kan vanzelfsprekend ook worden toegepast op moeren, bouten, etc.

Het is gewenst om in dit verband ook de nodige aandacht te besteden aan de belasting van de onderdelen, en wel speciaal van elektronenbuizen. De gegevens hiervoor zijn meestal absolute maxima die onder geen enkele omstandigheid mogen worden overschreden, omdat daardoor de levensduur van de buis zeer ongunstig wordt beïnvloed. Wanneer hiermee reeds bij de constructie niet voldoende rekening wordt gehouden, klaagt de afnemer later over de korte levensduur van de elektronenbuis, een klacht die in zo'n geval de reputatie van de constructeur evenzeer aantast als die van de buizenfabrikant... en dit laatste geheel ten onrechte.

De constructeur kan dergelijke klachten voorkomen door nooit tot de uiterste grenzen van de belasting te gaan. Hoe hoger immers de belasting wordt opgevoerd, des te sneller zal slijtage of breuk optreden; dit geldt voor buizen en weerstanden evenzeer als voor assen en kogel-lagers. Een behoorlijke marge (conservatieve belasting) is beslist noodzakelijk voor een redelijke levensduur van onderdelen en apparaat. Er zijn gevallen waarin deze eisen nog dwingender zijn dan normaal, bijv. wanneer een electrisch apparaat de voeding van meer dan één machine verzorgt. In dat geval geeft een grote veiligheidsmarge niet alleen de minste kans op ongelukken tengevolge van overbelasting, maar men loopt bij uitbreiding van het bedrijf ook niet direct vast.

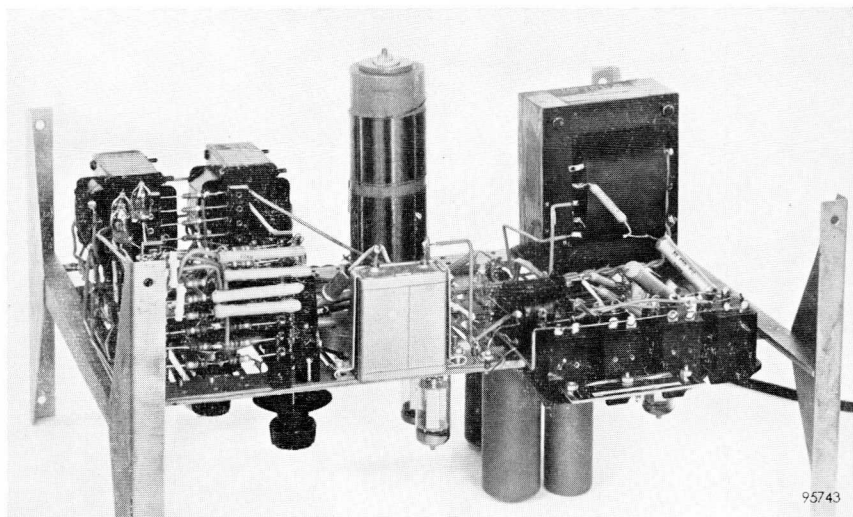
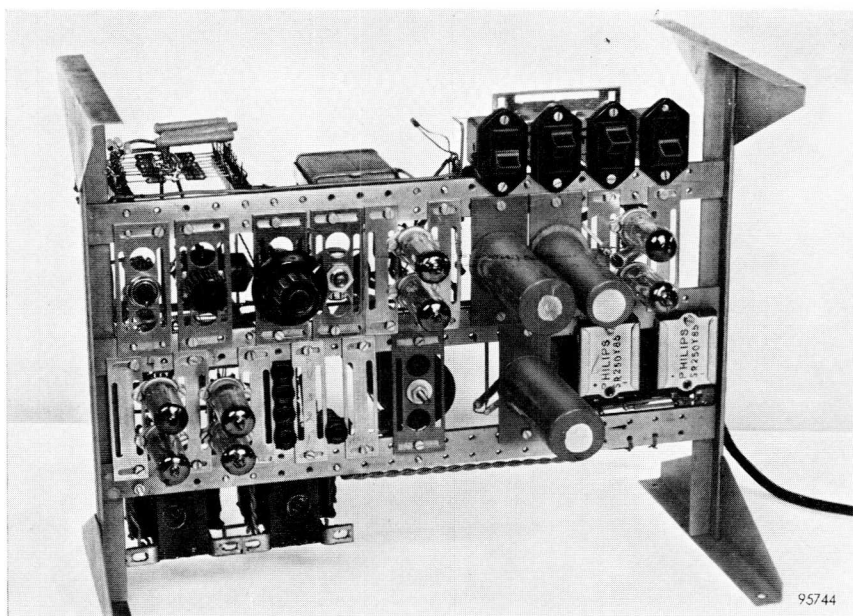


Foto 1 en 2. Proefchassis speciaal ontworpen om allerlei soorten onderdelen op eenvoudige en snelle wijze te kunnen bevestigen. Zijsteunen met pootjes laten toe dat men tijdens monteren en experimenteren het chassis in verschillende standen kan neerzetten zonder onderdelen te kraken.



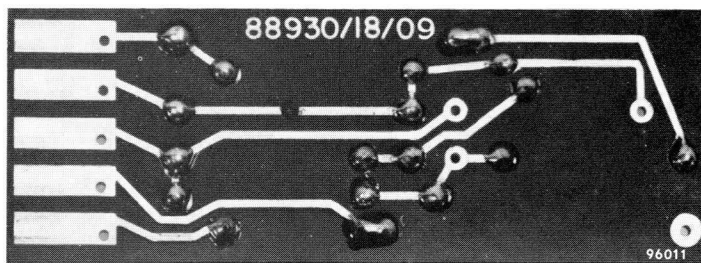
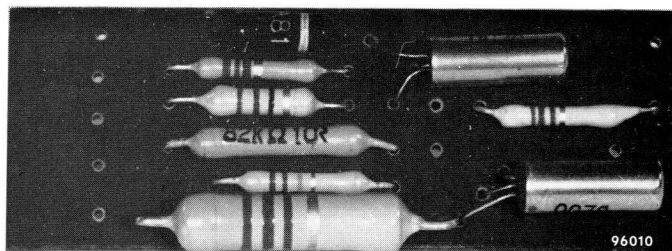


Foto 3. Sub-assembly van enkele weerstanden etc. op een isolatieplaatje voorzien van z.g. bedrukte bedrading. Dit samenstel wordt in een relais-unit gestoken.

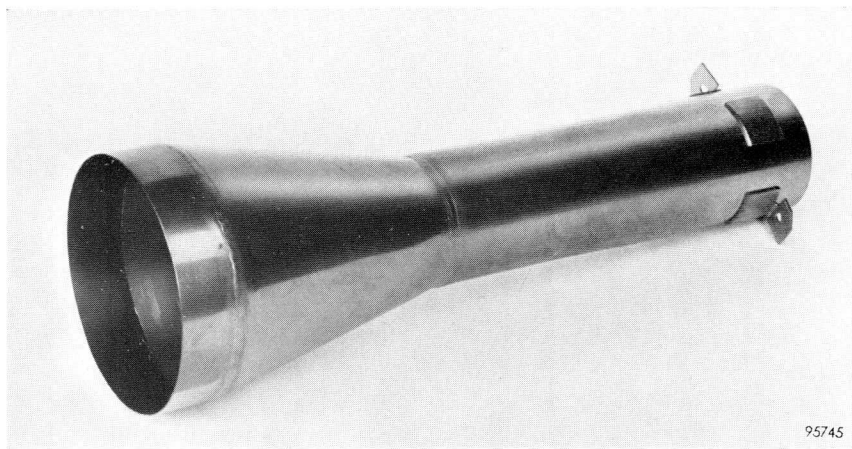


Foto 4. „Mumetall” afschermbuis voor oscillograafbuis tegen magnetische velden.

Controle en vervolmaking van de laboratoriumproef

Als een goede schakeling is uitgedacht en deze met behulp van zorgvuldig gekozen onderdelen is verwezenlijkt, moet zij duchtig aan de tand gevoeld worden om er zeker van te zijn dat zich later, wanneer het apparaat in grote aantallen gemaakt wordt, geen onaangename verrassingen zullen voordoen.

Er zijn verschillende punten waarop men moet letten. Eén van de belangrijkste is hierboven reeds genoemd: een conservatieve belasting van de onderdelen en buizen. De belasting kan op eenvoudige wijze worden gecontroleerd met behulp van spannings- en stroommeters.

Een tweede punt is de stabiliteit van de schakeling. Het niet voldoen aan deze eis, d.w.z. het optreden van instabiliteit, kan mechanische en elektrische oorzaken hebben. Met **instabiliteit**, tengevolge van **mechanische oorzaken**, bedoelen wij niet dat het apparaat wankel staat, doch dat mechanische oorzaken leiden tot een instabiliteit in de werking van het apparaat.

Trillingen kunnen de capaciteit tussen twee draden doen variëren, en elektroden in elektronenbuizen kunnen tengevolge van mechanische oorzaken gaan trillen. Deze trillingen kunnen het gedrag van het apparaat zodanig beïnvloeden dat het bij een bepaalde trillingsfrequentie afwijkingen gaat vertonen of zelfs onbruikbaar wordt.

Electrische instabiliteit vindt haar oorzaak in een elektrische „stoot” maar heeft verder dezelfde gevolgen. Bij een bepaalde frequentie gaat het apparaat genereren. Een plotselinge spanningsverandering kan een gedempte of ongedempte trilling in het uitgangssignaal tot gevolg hebben.

Bij regelapparatuur kan „pendelen” of „slingeren” voorkomen. De meeste regelsystemen zijn gesloten kringlopen en kunnen worden opgevat als tegengekoppelde versterkers, d.w.z. het regelsysteem constateert de afwijkingen van de te regelen grootte en heft deze afwijkingen op door beïnvloeding van het orgaan waarmee de grootte kan worden gevarieerd. Een afwijking naar boven wordt dus teruggevoerd als een commando „omlaag” en omgekeerd. Wanneer nu het teruggevoerde signaal in tegenfase is met de afwijking, wordt het commando „omlaag” gegeven op het ogenblik dat het alweer „naar boven” had

moeten zijn met het gevolg dat de afwijking groter wordt in plaats van kleiner. Dit kan gemakkelijk gebeuren wanneer de regelversterking groot is en wanneer tijdvertragende elementen (bijv. smoorspoelen) deel uitmaken van het regelcircuit. In dit verband wordt er op gewezen dat magnetische versterkers eerder aanleiding tot deze fout geven dan versterkers uitgerust met electronenbuizen, tengevolge van de grote zelfinducties die in magnetische versterkers worden gebruikt. Om dezelfde reden heeft een thyatronschakeling minder kans op instabiliteit dan een regelcircuit waarin transductoren worden gebruikt.

Een schakeling kan stabiel zijn met onderdelen van een bepaalde waarde, doch instabiel worden zodra één of meer onderdelen een waarde hebben die aan de grens van hun tolerantie liggen. Het is daarom nodig in de laboratoriumopstelling proeven te nemen met onderdelen die aan hun grenswaarden liggen, vooral op die plaatsen die hiervoor gevoelig zijn. Eventueel kunnen voor een dergelijke proef deze grenswaarden worden nagebootst door het in serie- of parallel-schakelen van condensatoren, weerstanden, etc.

Het heeft in het algemeen geen zin een tolerantieproef te nemen op punten waar de elektrische waarde van het onderdeel gemakshalve altijd vrij groot wordt gekozen, zoals bijv. bij afvlakcondensatoren, koppelcondensatoren en de meeste roosterlekweerstanden.

Het kan zijn dat een hoge waarde van een weerstand gecombineerd met een hoge waarde van een condensator geen moeilijkheden geeft, maar dat een grote waarde van dezelfde weerstand en een kleine capaciteit elkaar slecht verdragen. De waarschijnlijkheid dat alle ongunstige factoren tegelijkertijd optreden, zal echter, statistisch gezien, niet erg groot zijn, maar de kans is er en men doet goed er al in het beginstadium mee te rekenen. Hetzelfde geldt voor de toleranties die worden aangehouden in de karakteristieke gegevens van electronenbuizen, zoals steilheid, versterkingsfactor, ontsteekarakteristiek, etc. Een ander verschijnsel dat men nogal eens in elektronische schakelingen tegenkomt, is het parasitair „genereren”. Deze fout treedt voornamelijk op in schakelingen die op hoge frequenties werken en uitgerust zijn met afgestemde kringen, zoals zenders, hoogfrequent-verhittingsapparaten en ultrasone generatoren. Deze apparaten kunnen in een

ongewenste frequentie (zgn. parasitair) gaan oscilleren. In dit geval worden slingerkringen die toevallig aanwezig zijn als zelfinducties in de vorm van stukken draad, en als capaciteiten in de vorm van buis-electroden of andere onderdelen van de schakeling, aangestoten.

Om dit euvel te verhelpen moeten de genereervoorwaarden voor die parasitaire frequenties worden opgeheven. Dit kan soms worden bereikt door de onderdelen een andere opstelling te geven, waardoor de onderlinge koppeling zo verandert dat zij onvoldoende is om oscillaties te doen ontstaan. Soms ook kan men volstaan met weerstanden („stop-pertjes”) in de rooster- en anodeleidingen van buizen op te nemen die een dusdanige demping van de parasitaire trillingen tot gevolg hebben dat de oscillaties ophouden.

Er zijn gevallen waarin het genereren ontstaat tengevolge van een overdracht van hoogfrequente signalen via leidingen die niet voldoende zijn ontkoppeld, zoals bijv. de draden waarlangs de voedingsspanning aan de buizen wordt toegevoerd of het gloeidraadcircuit. Het aanbrengen van enige condensatoren van lage waarde tussen deze leidingen en de aardleiding is in vele gevallen voldoende om de oorzaak van het genereren weg te nemen.

Het aantal oplossingen is hiermede niet uitgeput, doch het zal duidelijk zijn dat ieder geval op zichzelf moet worden bekeken om de juiste remedie te vinden.

Uitwerken van de schakeling

Als uit de proefopstelling is gebleken, dat het apparaat naar genoegen werkt, de schakeling aan het gestelde doel beantwoordt en geen onderdelen of electronenbuizen zijn overbelast, kan het project worden uitgewerkt.

Aan de hand van de proefopstelling kan men zich het volgende afvragen :

a. Is de schakeling werkelijk zo eenvoudig mogelijk ?

Deze vraag, die reeds bij het eerste papieren ontwerp gesteld werd, is toch belangrijk genoeg om herhaald te worden vóór het schema als definitief wordt aangenomen. Misschien is een vereenvoudiging mogelijk doordat bepaalde functies van twee buizen in één buis

worden gecombineerd, of doordat bepaalde weerstanden worden gestandaardiseerd of gecombineerd.

In proefmodellen worden weerstanden dikwijls door potentiometers vervangen om zodoende een grote mate van flexibiliteit in de schakeling te verkrijgen. Op dit moment is het gewenst zich te vergewissen of alle daarvoor in aanmerking komende potentiometers door vaste weerstanden kunnen worden vervangen.

Het is verder van belang zich af te vragen of het apparaat beslist met gelijkstroom gevoed moet worden of dat wisselstroomvoeding ook mogelijk is.

De eerste soort voeding — gelijkstroom — is algemeen bekend uit gewone geluidsversterkers, radioapparaten, e.d. Bij bepaalde industriële apparatuur is wisselstroomvoeding zeer goed mogelijk, zoals bijv. bij sommige hoogfrequent-verhittingsapparaten. Daar wisselstroomvoeding het gebruik van gelijkrichters overbodig maakt, betekent zij een grote besparing van kosten en een kleinere kans op storingen en is uit dien hoofde het overwegen ruimschoots waard.

b. Is een beveiligingscircuit noodzakelijk ?

Men moet zich overtuigen of de mogelijkheid bestaat dat bij een verkeerde manipulatie of onjuiste bedieningsvolgorde het apparaat defect raakt of andere storingen optreden, bijv. als gevolg van kortsluiting van de uitgangsklemmen.

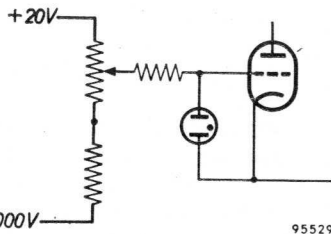
Een voorbeeld is de volgorde van het inschakelen van de gloei-spanning en de anodespanning bij gasgevulde buizen. Zou het mogelijk zijn de anodespanning in te schakelen vóór de gloei-spanning, dan is er een grote kans dat de buis zwaar beschadigd wordt, doordat een te grote stroom uit de katdode getrokken wordt vóórdat deze zijn werktemperatuur heeft bereikt. In apparaten waarin deze buizen gebruikt worden, moet dus altijd een beveiliging zijn aangebracht die automatisch de anodespanning inschakelt nadat de katode op een voldoende hoge temperatuur is gebracht.

Het is soms mogelijk de juiste bedieningsvolgorde te verzekeren door een onderlinge vergrendeling (mechanisch of electronisch); in de meeste gevallen zal men echter een beveiligingscircuit aanbrengen zodat storingen met mogelijke ernstige en kostbare gevolgen („op hol slaan” van motoren en verbranding of andere schade aan producten) kunnen worden voorkomen.

Voor beveiligingscircuits maakt men bij voorkeur geen gebruik van een relais dat alleen maar moet functionneren wanneer er een storing optreedt, want dan is de kans groot dat op het kritieke moment de contacten zijn vervuild of het anker blijft hangen. Voor beveiliging moet men een relais gebruiken dat in het normaal functionnende apparaat regelmatig dienst doet als element in de schakeling (**positieve** beveiliging): een eventuele storing in het relais wordt dan direct opgemerkt.

Een voorbeeld van een beveiligingsschakeling is voorgesteld in fig. 1. Wanneer in deze schakeling de potentiometer onderbroken zou worden tussen het glijcontact en de bovenkant zou het

Fig. 1. Beveiliging met neonlamp over rooster. Tussen het rooster en de katode mag geen te hoge spanning komen te staan. Dit zou kunnen gebeuren door breuk van de potentiometer boven het schuifcontact. De neonlamp ontsteekt in dat geval en beveiligt het rooster, doordat de brandspanning van de neonlamp tussen rooster en katode komt te staan. In normale bedrijfstoestand beïnvloedt deze neonlamp de goede werking — 1000V — van de schakeling in geen enkel opzicht, omdat de lamp niet brandt.



rooster van de buis op — 1000 V komen te staan, waardoor de buis waarschijnlijk defect zal raken. De neonlamp werkt normaal niet, doch ontsteekt in dit geval en voorkomt dat een te hoge spanning op het rooster komt.

Afgezien van alle beveiligingsschakelingen moet elk apparaat voorzien zijn van een hoofdschakelaar en hoofdzekeringen, zodat het in

geval van nood in zijn geheel kan worden uitgeschakeld. Hulp-circuits moeten apart worden geschakeld en gezekerd¹⁾).

c. Is het nodig dat gedeelten van de schakeling dubbel worden uitgevoerd?

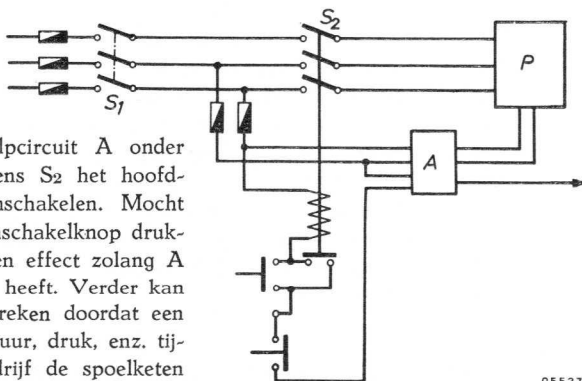
Vooral grote apparatuur vergt dikwijls een zodanig hoog opgevoerde bedrijfszekerheid dat een dubbele uitvoering van sommige stuurschakelingen en andere onderdelen nodig is.

In elektrische centrales heeft men vrijwel altijd een nagenoeg volledig vermogen als reserve staan om, bij eventueel uitvallen van een generator, direct op een andere te kunnen overschakelen. Voor stoomketels geldt het voorschrift dat de ketelvoedingspompen in staat moeten zijn ieder voor zich de volledige benodigde hoeveelheid water te leveren. Ook de vitale delen van de apparatuur voor papiermachines, walsbedrijven, liften etc. worden vaak in duplo uitgevoerd.

Om te voldoen aan de eisen van een grote bedrijfszekerheid kan men twee volledige apparaten naast elkaar opstellen, zodat men

Fig. 2. Beveiliging tegen te vroeg inschakelen etc.

Als S_1 wordt ingeschakeld moet eerst gedurende een bepaalde tijd het hulpcircuit A onder spanning staan alvorens S_2 het hoofdcircuit zou mogen inschakelen. Mocht men te vroeg op de inschakelknop drukken, dan heeft dit geen effect zolang A de keten niet gesloten heeft. Verder kan A de keten nog verbreken doordat een pick-up voor temperatuur, druk, enz. tijdens het normale bedrijf de spoelketen van de schakelaar onderbreekt.



95537

¹⁾ De gloeistroomcircuits van met gas gevulde gelijkrichtbuizen moeten zo geschakeld zijn dat bij het doorslaan van de zekering ook de anodespanning van deze buizen wegvalt (zie fig. 2). Hierdoor wordt beschadiging van de katoden, die afkoelen maar toch stroom zouden moeten leveren, voorkomen.

bij een storing zonder meer op het reserve-apparaat kan overschakelen. Het is echter ook mogelijk op de critieke punten van de schakeling reservebuizen parallel te schakelen, dubbele weerstanden en/of condensatoren aan te brengen, etc. Welk systeem men kiest hangt af van de schakeling en de omstandigheden waaronder het apparaat moet werken.

d. Voldoet de schakeling aan de wettelijke voorschriften?

De veiligheidsvoorschriften verschillen van land tot land, en het is daarom moeilijk een algemeen geldende regel hiervoor op te stellen. Netschakelaars, aardleidingen, nominale waarden van zekeringen etc. zijn meestal voorgeschreven, terwijl de electriciteitscentrales dikwijls eisen stellen ten aanzien van de arbeidsfactor.

HOOFDSTUK 3

HET PROTOTYPE

Indien de laboratoriumproef tot tevredenheid werkt en de vooraf genoemde punten zijn overwogen, kan men gaan denken over het bouwen van een prototype dat als voorbeeld zal moeten dienen voor de apparaten die later in serie gefabriceerd zullen worden. Het elektrische schema van de schakeling ligt vast, zodat alleen nog het bepalen van de uiteindelijke vorm van het apparaat overblijft.

Afhankelijk van de grootte van het apparaat zal een belangrijk punt van overweging zijn of het geheel in de vorm van zgn. „units” kan worden opgebouwd.

Unit-bouw

Het plitsen van een schakeling in units heeft vele voordelen, mits elke unit maar een logisch en op zichzelf staand geheel vormt van de schakeling en niet een willekeurig brokstuk eruit. Foto's 8, 9 en 10 geven voorbeelden van apparaten die uit units zijn opgebouwd.

Een voorbeeld van een logische indeling van een apparaat in units kunnen wij vinden bij grote versterkerinstallaties, die wij ons opgebouwd kunnen denken uit :

1. Een voedingsgedeelte met anodespannings- en gloeistroomtransformatoren, schakelaars, zekeringen, gelijkrichtbuizen, afvlakcondensatoren en smoorspoelen.
2. Een voorversterker met de ingangsklemmen, regelknoppen, versterkerbuizen en koppellementen.
3. De eindtrap, waarin zijn opgenomen de eindbuizen, de uitgangstransformator, de outputmeter en de uitgangsklemmen.

Wordt de versterker uit deze drie units opgebouwd dan is het logisch dat straks dezelfde splitsing in het principeschema wordt doorgevoerd, omdat hierdoor het terugvinden van de onderdelen aanzienlijk eenvoudiger wordt.

Elke unit moet „zelfstandig werkend” zijn, d.w.z. als men voor de nodige voedingsspanning zorgt, moet elk deel volledig door te meten en te beproeven zijn zonder dat delen van andere units hiervoor nodig zijn. Bij het bespreken van de mechanische constructie komen we nog nader op dit onderwerp terug.

Bij zeer grote apparaten kan een verdere splitsing in sub-units of sub-assemblies van nut zijn. Een sub-unit of een sub-assembly is een mechanisch geheel van een aantal onderdelen uit een unit dat afzonderlijk kan worden gehanteerd, maar geen aparte functie in het gehele apparaat vervult. Het heeft meer nodig dan alleen voedingsspanning om te kunnen werken. Foto 3 geeft een foto van een sub-assembly uit een relais-unit.

Indien een industrieel apparaat op één chassis gemonteerd kan worden — wat natuurlijk bij veel eenvoudige schakelingen het geval is — is het splitsen in units overbodig en kan het geheel voordeliger direct in een kast gemonteerd worden.

De unit-bouw en het ontwerpen van kasten worden nog uitvoeriger toegelicht in het hoofdstuk „Kasten en Rekken”.

Wij zullen ons nu eerst bepalen tot enige wenken betreffende de opbouw, keuze van onderdelen, etc. die bij montage van het elektrische circuit van nut kunnen zijn.

A. ELECTRISCHE MONTAGE

De laboratoriumproef geeft uiteraard voldoende gegevens over de schakeling om een idee te kunnen vormen van de grootte van het chassisoppervlak dat voor de schakeling nodig is. Zonder hier verder in te gaan op de uitvoering van het apparaat (unit-bouw, één of meer chassis in een rek of iets dergelijks) is het nuttig iets te vertellen over de opstelling van de elektrische onderdelen op een chassis.

Vóór alles gaan wij er van uit dat **industriële** onderdelen moeten worden gebruikt, d.w.z. onderdelen die zijn ontworpen en berekend voor industriële apparatuur. Over de kwaliteit van de onderdelen en de standaardisatie ervan hebben wij al bij de laboratoriumproef gesproken. Het is duidelijk dat in een apparaat dat voor de tropen bestemd is, ook tropenbestendige materialen en onderdelen worden gebruikt voor zover

dit nodig en mogelijk is. Deze onderdelen zullen meestal iets duurder zijn dan normale, maar wanneer apparatuur die er niet mee is uitgerust in de tropen terecht komt, zullen moeilijkheden zeker niet uitblijven.

Indeling van het chassis

Keren wij nu terug tot de indeling van het chassis. Vóór wij deze kunnen maken, dienen wij eerst de juiste afmetingen van de te gebruiken onderdelen te weten.

Voor het bepalen van deze afmetingen mag niet een toevallig voorhanden zijnd exemplaar van bijv. elektronenbuizen, condensatoren, weerstanden en transformatoren tot voorbeeld genomen worden. Het is nl. heel goed mogelijk dat andere exemplaren van een bepaald onderdeel groter zijn, en daarvoor is dan niet genoeg ruimte geprojecteerd. Elke fabrikant publiceert van zijn producten de maximale maten en deze moeten dienen ter bepaling van de nodige ruimte. Fig. 3 geeft de maatschets van een elektronenbuis zoals die voor ieder buistype wordt gepubliceerd.

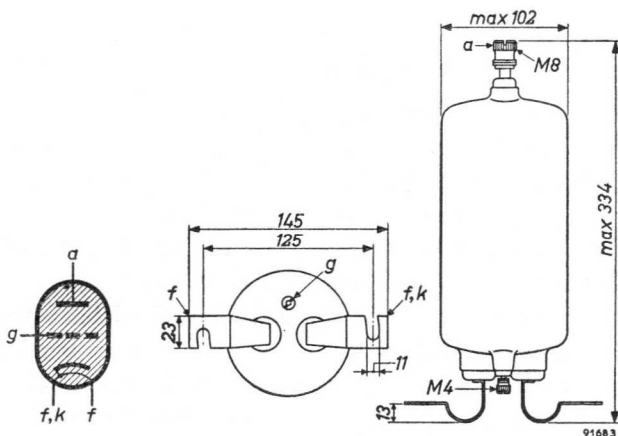


Fig. 3. Maatschets van thyatron PL 255.

Bij het opstellen van electronenbuizen en zware weerstanden moet er bovendien nog rekening mee gehouden worden dat zij warmte produceren die afgevoerd moet worden. Derhalve mogen zij niet te dicht naast elkaar of bij de wanden of andere onderdelen geplaatst worden, omdat dan de natuurlijke koeling onvoldoende is en er bovendien een kans bestaat op beschadiging van temperatuurgevoelige onderdelen. Bij electronenbuizen is een onderlinge afstand van $\frac{3}{4}$ van hun diameter voldoende; dit geldt eveneens voor de afstand tussen de buizen en de wand.

Wanneer wij de afmetingen van alle te gebruiken onderdelen verzameld hebben, kan op schaal een schets gemaakt worden van de indeling van het chassis. Uiteraard kan deze indeling beperkt blijven tot de onderdelen met de grootste afmetingen, zoals buizen, transformatoren, electrolytische condensatoren enz. De kleinere onderdelen kunnen onder het chassis zeker een plaats vinden wanneer de grote onderdelen niet al te dicht op elkaar gezet worden.

Bij het indelen van het chassis moet rekening gehouden worden met het gewicht van transformatoren en andere zware onderdelen. Zij moeten zo opgesteld worden dat zelfs door de hevige schokken die bij het vervoer kunnen optreden geen ongelukken kunnen ontstaan. Hierbij denken wij speciaal aan zeer grote transformatoren, die in zware regelapparatuur wel gebruikt worden. Dergelijke zware onderdelen mogen niet tegen de zijkant van een chassis of kast worden gemonteerd. Ze hangen dan, en tijdens het transport kunnen de bevestigingsbeugels of -schroeven afbreken door de krachten die er op werken. Bevestig dergelijke zware voorwerpen zó, dat tijdens het transport geen buigend moment in de bevestigingsbouten kan optreden door het eigen gewicht of door massakrachten.

Bij de indeling van het chassis dienen wij ook rekening te houden met de invloeden die strooivelden van transformatoren, velden van leidingen die sterke stromen voeren en hoogfrequente velden (die bijv. optreden in inductieve en capacitieve verhittingsapparaten), kunnen uitoefenen op electronenbuizen en andere onderdelen van de schakeling.

De magnetische velden van transformatoren vervormen bijv. het beeld op het scherm van katodestraalbuizen. Soms lukt het de transformator, die hiervoor verantwoordelijk is, zo te plaatsen dat het strooiveld geen kwaad meer kan stichten. Als dit niet lukt moet de buis worden afgeschermd door een „mu-metalen” cylinder zoals die in foto 4 is afgebeeld.

Magnetische velden kunnen spanningen in de roostercircuits van versterkerbuizen en thyatronen induceren, hetgeen dan brom, resp. ontijdig ontsteken van de buizen veroorzaakt. Hoogfrequentleidingen dragen dergelijke storingen capaciteef over. Met gas gevulde buizen mogen niet aan hoogfrequente wisselvelden worden blootgesteld omdat dit ionisatie van het gas kan veroorzaken.

Uit dit alles blijkt wel dat het bepalen van de plaats van de diverse onderdelen zeer belangrijk is en dat, indien de beschikbare ruimte te klein is om ieder onderdeel een ideale plaats te geven, moet worden overgegaan tot het aanbrengen van doelmatige afschermingen.

Als een verantwoorde indeling van het chassis gevonden is, wordt een werktekening gemaakt en het chassis in bewerking gegeven. Het is duidelijk dat het van het grootste belang is dat van te voren goed wordt overwogen welke gaten in het chassis moeten worden aangebracht; het vergeten van gaten heeft tot gevolg dat in een half gemonteerd chassis geboord moet worden met alle nadelen van dien. Als het chassis gereed is, kan met de elektrische montage begonnen worden. De grote onderdelen, zoals transformatoren, electrolytische condensatoren, buishouders etc., worden het eerst gemonteerd en daarna kunnen de bedrading en de kleine onderdelen worden aangebracht. Het monteren van de onderdelen en het aanbrengen van de bedrading geven eveneens aanleiding tot enkele opmerkingen.

Montage van elektrische onderdelen

Grote en zware onderdelen moeten stevig op een chassis bevestigd worden met verende sluitringen om loswerken te voorkomen. Deze eis is van bijzonder belang voor industriële apparatuur die op machines gemonteerd wordt en daardoor onderhevig is aan voortdurende trillingen of schokken. Voor het vastzetten van onderdelen moet eveneens

zo veel mogelijk het gebruik van klinkverbindingen en bevestiging met felsogen worden ontraden omdat dit het verwisselen van onderdelen sterk bemoeilijkt.

Voor het bevestigen van onderdelen op isolerende materialen moet men bedenken dat het tappen van chroefdraad in gelaagde materialen zoals hardpapier wel mogelijk is maar dat dit in het algemeen moet worden vermeden. Het is beter inzetstukken van metaal te maken waarin de draad getapt wordt, of door het materiaal heen te boren en aan de achterzijde een moer te zetten. Is het om één of andere reden toch nodig draad te tappen in het gelaagde materiaal zelf, dan moet dit gebeuren loodrecht op de laagrichting en niet parallel aan de laagrichting. In het eerste geval houdt de schroefdraad de lagen als het ware vast, terwijl in het tweede geval dit effect niet alleen niet aanwezig is, doch de schroef bovendien de neiging heeft het materiaal te doen splijten, zodat hij los gaat zitten.

Kleine weerstanden en condensatoren kunnen het beste gemonteerd worden tussen klemmenlijsten of strippen met soldeerlippen, zoals in foto 5 te zien is. Aan iedere soldeerlip mogen slechts één of twee verbindingdraden bevestigd worden. Meer dan twee draden is lastig bij het solderen en men komt gewoonlijk een hand te kort om de draden vast te houden. Het is verstandig bij het proefmodel enige reserveklemmen en soldeerlippen te projecteren. Mocht later tijdens het gebruik van het apparaat iets veranderd moeten worden of raakt één of andere klem of lip defect, dan zijn er altijd nog enige reserves beschikbaar.

Draag zorg dat de soldeerverbindingen niet mechanisch belast worden. De te solderen draad wordt met een tang naar het verbindingspunt toegebogen, zodat hij niet meer terugveert maar tegen de soldeerlip rust (foto 4). Pas dan kan de verbinding gesoldeerd worden. Draai de draadeinden niet enkele malen om de soldeerlip alvorens te solderen; een dergelijke verbinding is later moeilijker weer los te maken.

Foto 6 geeft nog een beeld van de montage van kleine weerstanden en condensatoren of strippen. Uit de figuur blijkt wel hoe overzichtelijk en praktisch deze wijze van monteren is. Bovendien blijkt uit de foto dat de elektrische waarde van de onderdelen direct kan worden

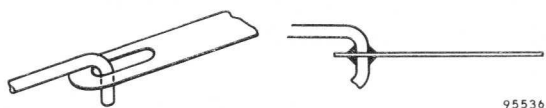


Fig. 4. Soldeerverbinding aan soldeerlip. De draad haaks om buigen, door het oog van de lip steken en het soldeer laten vloeien zoals aangegeven. Moet de verbinding weer losgemaakt worden, dan is verwarmen met de bout voldoende om de draad weer uit het oog te kunnen lichten.

afgelezen, waardoor het werk van een onderhoudsman aanzienlijk wordt vereenvoudigd. Deze wijze van monteren maakt de controle van de montage bovendien veel gemakkelijker en kost niets meer. De waarde van precisie-weerstanden kan aanmerkelijk gaan afwijken wanneer hun kapjes te warm worden. Deze weerstanden mogen derhalve nooit te dicht bij de kapjes gesoldeerd worden. Een goede methode is, de draaduitloper tussen de soldeerplaats en de kap met een tangetje stevig vast te pakken, waardoor de warmte naar de tang wordt afgevoerd. Ditzelfde procédé moet worden toegepast bij de montage van transistoren, germaniumdioden en kleine buizen die zijn voorzien van draden in plaats van pennen.

Het komt dikwijls voor dat bij het bedraden van een chassis gebruik wordt gemaakt van „vrije” contacten van een buishouder. Een dergelijk contact is weliswaar een goedkope steun voor het bevestigen van een weerstand of condensator, maar — al is aan die pen geen electrode van de buis verbonden — betekent dit nog niet dat niet één of ander onderdeel van de buis met deze pen verbonden zou kunnen zijn. Dit kan wel eens onaangename gevolgen hebben en daarom is het beter geen gebruik te maken van deze vrije contacten.

Draden van circuits met hoge weerstanden (bijv. fotocel-schakelingen) moeten liefst zo kort mogelijk zijn omdat zeer hoge eisen gesteld worden aan de isolatie van deze draden. Zij mogen daarom niet tezamen met andere draden in een bundel worden opgenomen. Eventueel kunnen ze van een afscherming worden voorzien om te voorkomen dat zij langs capacitieve weg stoorspanningen oppikken, doch de afschermmantel moet dan een potentiaal hebben die ongeveer ge-

lijk is aan die van de draadkern, zodat er geen lek kan optreden. Om te voorkomen dat de afschermmantel, indien hij op een bepaalde spanning slaat, sluiting maakt tegen het chassis, moet hij met isolatiekous worden geïsoleerd. Evenmin als draden van circuits met hoge weerstand is het gewenst om draden die hoogfrequente stromen voeren in een bundel op te nemen.

Wanneer in een apparaat grote aantallen draden verwerkt worden, krijgt men de netste montage als de draden in bundels worden gelegd die door een touwtje bijeen gehouden worden. Lange dradenbundels moeten worden gesteund door beugels waaronder men een strook isolerend materiaal heeft gelegd. Een goed voorbeeld hiervan is te zien in foto 7. Een dradenbundel kan in seriefabricage eenvoudig gemaakt worden op een spijkerplank. Verschillende kleuren van de isolatie, volgens een bepaald systeem gekozen, vergemakkelijken de montage daar men niet meer van elke draad het begin en het einde bij elkaar behoeft te zoeken. Het is verstandig in iedere draadbundel enige reservedraden te laten meelopen, wat bij latere reparaties voordeel oplevert.

Bij apparaten waarin geen bijzonder grote aantallen draden verwerkt worden, kan men de bundel ook tijdens de montage van de draden laten „groeien” rondom een geaarde draad die in het chassis of de kast is gespannen.

Bij het bundelen moeten wij rekening houden met de warmteontwikkeling in de betreffende draden. In zware industriële apparatuur komt het nogal eens voor dat de stroombelasting van een draad hoog is en de hierdoor ontwikkelde warmte kan tot gevolg hebben dat de isolatiemantel zacht wordt.

Polyvinylchloride wordt tegenwoordig veel gebruikt als isolatiemantel. Dit materiaal is zeer goed bestand tegen chemische invloeden. Het wordt niet bros zoals rubber, maar is tamelijk gevoelig voor temperatuur. Men mag daarom alleen bundels van dit soort draad maken als de stroombelasting van de draden laag is, omdat anders alles aan elkaar smelt tot een dikke boomstam. Hierdoor ontstaan sluitingen met het gevolg dat het apparaat geheel opnieuw bedraad moet worden. Men doet daarom verstandig de draden die zwaar belast worden apart te bundelen en hiervoor dan rubberdraad (even-

tueel een soort die warmtevast is), asbestdraad of iets dergelijks te gebruiken. Voor geleiders die zeer grote stromen voeren, worden meestal koperrails gebruikt die zo nodig met band worden geïsoleerd, waarna het band met isolatielak wordt geïmpregneerd.

Railverbindingen moeten worden uitgevoerd met **stalen** bouten en moeren waaronder **stalen** sluitringen. De bout moet namelijk zo weinig mogelijk bijdragen tot de stroomoverdracht. Omdat staal een hogere soortelijke weerstand heeft dan koper, gaat het grootste deel van de stroom door het contactvlak van rail-op-rail of rail-op-kabelschoen. Zou men goed geleidende bouten gebruiken, dan gaat hierdoor een groot deel van de stroom lopen; zij worden daardoor verwarmd, zetten uit, en de verbinding raakt min of meer los, zodat nog meer warmte ontwikkeld wordt enz. Tenslotte kan dit leiden tot het smelten van de bout of tot brand doordat de isolatie in de omgeving van de verbinding vlam vat.

Voor het verbinden van geleiders die grote **hoogfrequente** stromen voeren, zoals bijv. bij inductieve verhittingsapparaten, moeten **goed geleidende** bouten gebruikt worden omdat het hoogfrequente wisselveld, van de stroomvoerende geleider, stalen bouten **roodgloeiend** maakt. Ook schroeven en bouten en andere metaaldelen die in de buurt van dergelijke geleiders aanwezig zijn, mogen om dezelfde reden **beslist niet** van ijzer zijn.

Tot slot een opmerking over het doorvoeren van draden door gaten in het chassis.

Wanneer een draad of een draadbundel door een metalen plaat gevoerd moet worden moet het gat zo groot zijn dat het van een rubber of plastic tule voorzien kan worden om beschadiging van de isolatie van de draden te voorkomen¹⁾. Een trekontlasting voor uitgaande en binnenkomende soepele kabels is eveneens nodig.

Hoewel er nog veel te vertellen zou zijn over de praktijk van het bedraden en monteren van chassis zullen wij met de boven gegeven aanwijzingen volstaan en onze aandacht gaan wijden aan de uitvoering

¹⁾ Bovendien moet de som van de stromen der draden die door een gat lopen ongeveer nul zijn. Is dit niet het geval dan kan bij grote stromen het metaal heet worden door wervelstromen.

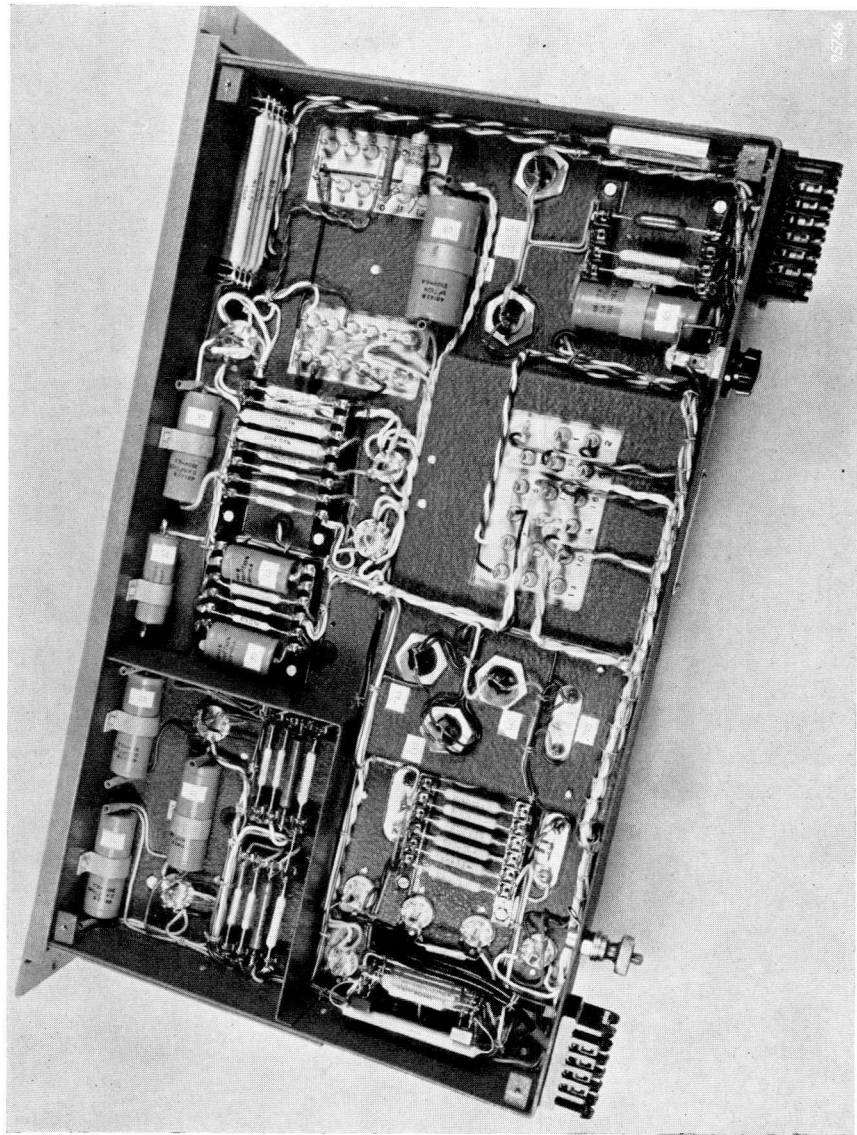


Foto 5.

Onderzijde van een chassis. Kleine onderdelen zijn bevestigd op montagesteunen en alle onderdelen zijn zo gemonteerd, dat de waarden zichtbaar zijn. Bovendien zijn nog etiketten opgeplakt met de nummers van die onderdelen in het principe-schema.

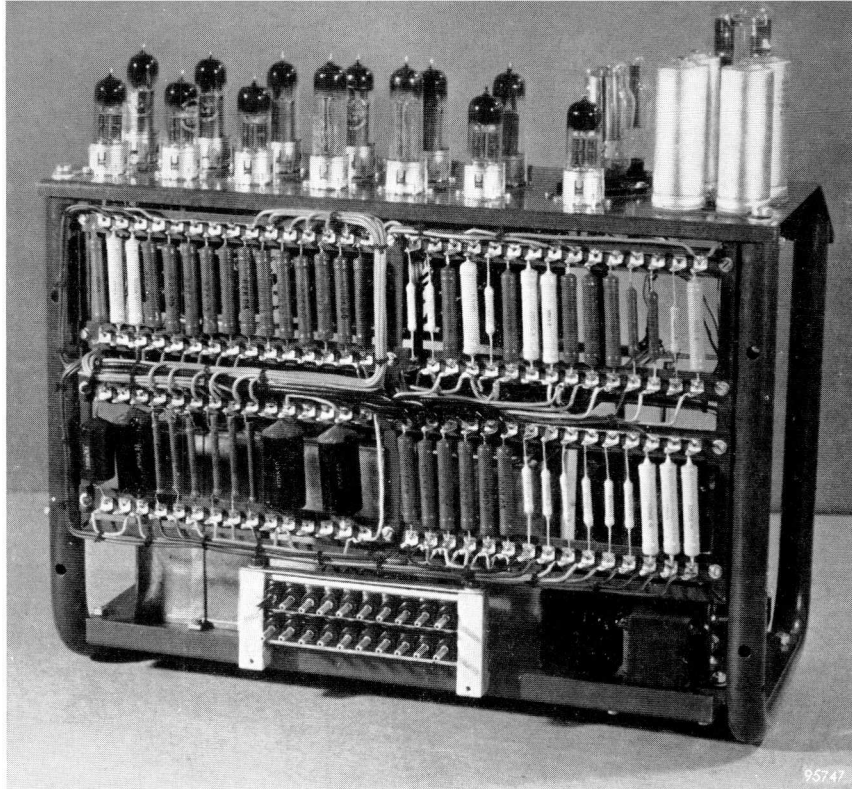


Foto 6. Snel verwisselbare unit. Weerstanden en condensatoren zijn op montagesteunen bevestigd; de waarden kunnen worden afgelezen.

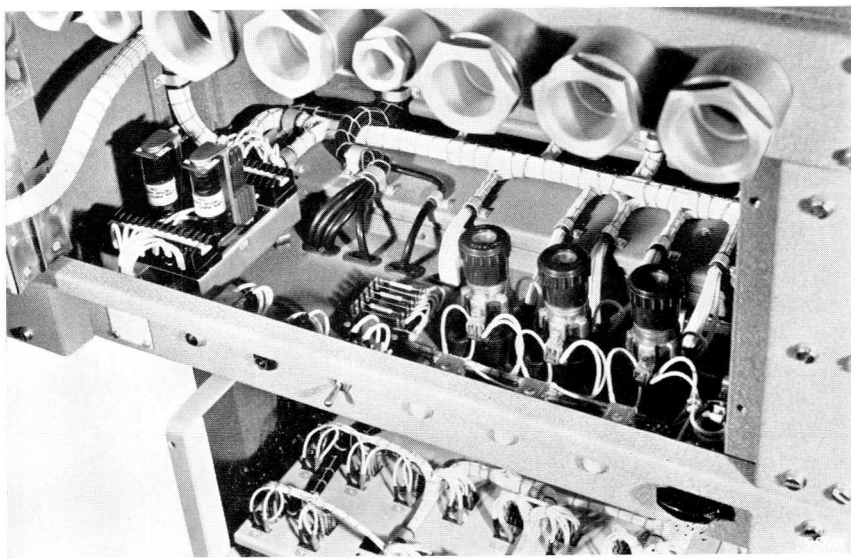


Foto 7. Plaatselijk geïsoleerde en met beugels vastgezette draadbundel.

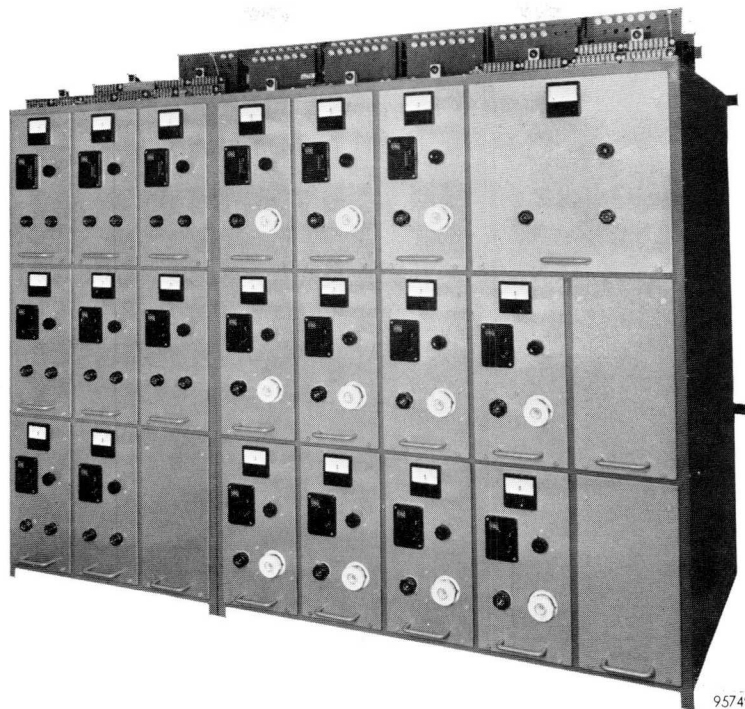


Foto 8.

Voorbeeld van unit-bouw. Mogelijkheid voor uitbreiding achter blinde reserve-panelen.

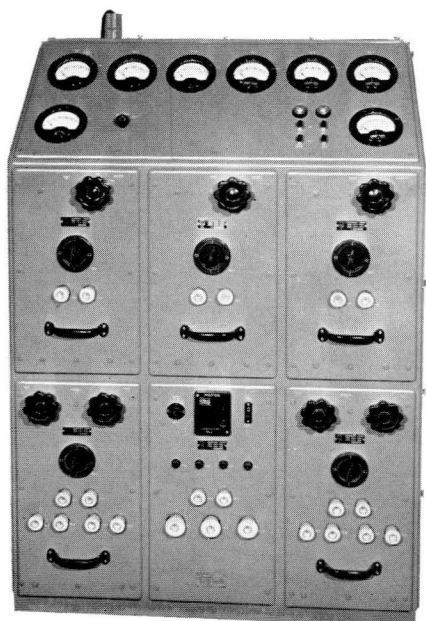


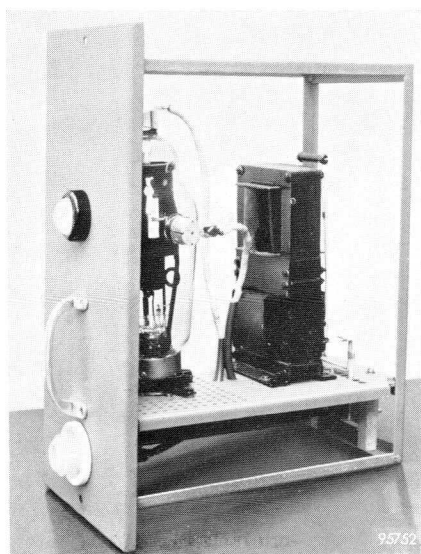
Foto 9.

Lessenaar met regelunits. Meterpaneel onder een hoek van 45° maakt het aflezen van de meters gemakkelijk.



Foto 10 en 11.

Nog een voorbeeld van unit-
bouw ; onder : een losse unit.
Foto's welwillend beschikbaar
gesteld door Fa. G. Ziegler,
Frankfort a. M., Duitsland.



van de kast of het rek waarin het chassis wordt geplaatst. Bij de volgende beschouwingen gaan wij uit van een apparaat dat in units is onderverdeeld. Vele aanwijzingen echter die voor dit soort apparatuur gelden, zijn eveneens van belang voor andere, meestal eenvoudigere apparaten, die uit één of meer chassis bestaan die in een kast zijn ondergebracht.

B. KASTEN EN REKKEN

Bij het bepalen van de vorm en de uitvoering van de kast waarin het apparaat wordt ondergebracht is de voornaamste vraag of unitbouw wordt toegepast of niet.

De voordelen van unitbouw zijn al eerder genoemd. De mechanische opbouw van een unit bestaat uit een frontplaat en één of meer chassis die achter de frontplaat zijn opgesteld. Een zeer praktische opstelling van een bij elkaar behorend aantal units is o.a. weergegeven in de foto's 8, 9 en 10. De units zijn boven elkaar aangebracht in een kast en kunnen naar voren uitgetrokken worden. Voor wij dieper ingaan op de opbouw en de vorm van de kast willen wij eerst de units zelf iets nader bekijken.

Opstelling van het chassis

De opstelling van het chassis achter de frontplaat van een unit is een kwestie van persoonlijke smaak. Men kan bijv. een horizontaal chassis gebruiken (foto 5) of een verticaal draaibaar chassis parallel aan de voorplaat (foto 13). Tenslotte is het mogelijk één of twee chassis loodrecht op de frontplaat te monteren (foto 14 en 15). Iedere wijze van monteren heeft zijn eigen voor- en nadelen, hoewel de verticale opstelling twee bijzondere grote voordelen heeft: een zeer goede koeling van de onderdelen en de unit behoeft niet op de kant of op de kop gezet te worden voor het doen van metingen of reparaties. Als de unit bovendien met behulp van soepele meer-aderige kabels aan het rek en de andere units verbonden is, kan de unit tijdens bedrijf worden doorgemeten door hem alleen naar voren te trekken (foto 15). De verbindingskabel kan met meerpolige stekers met de unit verbonden worden. Bij het monteren van stekers en contrastekers aan het chassis en de

kabel moet men er op letten dat er nooit spanning op de stekerpennen mag blijven staan wanneer de contrasteker is losgetrokken : dus alleen spanning op de contrastekers.

Wat betreft de indeling van het frontpaneel van een unit willen wij op diverse punten wijzen, die echter evenzeer van belang zijn voor de frontplaten van alle andere soorten apparatuur.

Frontpaneel

Op het frontpaneel van een unit worden vanzelfsprekend de bedieningsknoppen aangebracht. Bij de knoppen dient het doel van elke knop, bijv. „fijnregeling”, „stabilisatie” enz. in duidelijke letters te zijn aangegeven.

Verder zullen op de frontplaat de eventueel benodigde meters, schakelaars en controlelampjes — eveneens voorzien van passende bijschriften — worden gemonteerd. Bij de indeling van het frontpaneel moet men erop letten dat de regelknoppen een plaats krijgen ongeveer verticaal onder het meetinstrument dat tijdens het regelen afgelezen moet worden. Dit laatste punt is een meer algemene wenk betreffende de indeling van schakelpanelen. Het paneel moet zo zijn ingedeeld dat voor de achtereenvolgens te verrichten handelingen bij het in bedrijf stellen van de apparatuur in één richting gegaan wordt, en wel bij voorkeur van links naar rechts. Kiezen wij als voorbeeld een gelijkrichter, dan is de meest logische indeling dat links op het paneel de hoofdschakelaar wordt aangebracht en rechts de schakelaar en de zekeringen voor de uitgaande spanning, terwijl in het midden een eventuele regelmogelijkheid met knoppen en meters wordt gemonteerd.

Model van kast of rek

Bij het ontwerpen van een kast of rek moet rekening gehouden worden met de omgeving waarin het apparaat zal worden gebruikt. Een kast in een textielfabriek stelt andere eisen qua uitvoering en constructie dan wanneer hij in een gieterij of chemische fabriek gebruikt wordt. Als het apparaat op de grond moet staan, moet het bodemraam vlak op de grond liggen, zodat geen vuil en stof, en ook geen muizen en ratten in het apparaat kunnen komen (foto 15). Wordt de vloer

regelmatig nat dan dient het apparaat enkele centimeters van de grond te staan op poten die van onderen vlak zijn en geen te grote vlaktedruk op de vloer uitoefenen. Als dus de poot gemaakt is van hoekijzer, zal deze aan de onderzijde van een metalen schijfje moeten worden voorzien. De onderzijde van het apparaat moet dicht zijn en eventuele ventilatieopeningen moeten met gaas zijn afgedekt om bezoek van muizen en insecten te voorkomen. De afstand van de onderkant van de kast tot de vloer moet voldoende groot zijn om met een stofzuigerslang of bezem onder de kast te kunnen komen.

De afmetingen van de kast worden in de eerste plaats bepaald door de hoeveelheid onderdelen die er in ondergebracht moet worden. Omdat vloeroppervlakte in een bedrijf meestal kostbaar is, dient men er naar te streven de kast zoveel mogelijk in de hoogte te bouwen. Ook om andere redenen is dit aan te bevelen: knoppen, af te lezen meetinstrumenten enz. moeten op een zodanige hoogte zitten dat men geen moeite heeft bij de bediening van het apparaat. De juiste hoogte van een meter is dan ongeveer 1,70 m vanaf de vloer, terwijl schakelaars, knoppen enz. op een hoogte tussen 0,70 en 1,60 m moeten zitten. In het onderste gedeelte van de kast blijft er dan nog plaats voor zekeringhouders en voor schakelaars die slechts bij uitzondering moeten worden bediend.

De kast moet liefst ook niet veel hoger worden dan 1,80 m, omdat men dan niet meer zonder op een bankje te staan de meters kan aflezen. Bovendien bestaat de kans dat een hoog apparaat het overzicht over de werkruimte belemmert of te veel licht onderschept. De foto's 8 en 17 geven voorbeelden van meteropstellingen voor die gevallen, waarbij men aan de bovengestelde eisen niet kan voldoen.

Regelapparatuur voor een machine die op afstand bediend wordt, kan misschien ergens tussen of onder worden ingebouwd — mits men er maar goed bij kan — omdat de schakelaars en knoppen toch elders zijn aangebracht. In dit geval wordt het een breed en laag apparaat zonder een enkele knop of schakelaar.

In andere gevallen moet men beslist alle regelknoppen onderbrengen in de onderste helft van de kast en moet de daaruit voortvloeiende minder gemakkelijke bediening op de koop toe worden genomen. Foto 18 geeft een afbeelding van een brandraam voor electronenbuizen waarbij

de regelapparatuur in de onderste helft van het apparaat moest worden gemonteerd.

Voor alle soorten van apparatuur geldt dat uit aesthetische overwegingen aandacht moet worden besteed aan een zekere mate van symmetrie.

Wat betreft de afmetingen van het apparaat dient men er rekening mee te houden dat het gemakkelijk vervoerd moet kunnen worden naar de plaats van bestemming. Het moet door deuropeningen en luiken kunnen passeren of in een liftkooi gezet kunnen worden zonder dat het gedeeltelijk uit elkaar genomen moet worden (zie bijv. foto 19). Als dit om één of andere reden niet mogelijk is, moet het in gedeelten getransporteerd kunnen worden en op de plaats van bestemming weer gemonteerd worden.

Apparaten die tegen een wand bevestigd worden, mogen niet vlak tegen die wand aansluiten: enige millimeters ruimte is wenselijk met het oog op eventueel langs de wand aflopend vocht. In altijd droge ruimten is het beter het apparaat vlak tegen de muur te monteren om te voorkomen dat vuil zich achter het apparaat ophoopt.

Veiligheidsvoorschriften

Bij het mechanische ontwerp dient rekening gehouden te worden met de veiligheidsvoorschriften die in het land van de gebruiker gelden. Deze verschillen sterk van land tot land doch overal wordt geëist dat aan de buitenkant van de kast geen spanningvoerende delen aanwezig zijn en dat een aardschroef aanwezig is om het apparaat met de aardleiding te kunnen verbinden. Hierdoor is het niet mogelijk dat bij eventuele isolatiefouten in het apparaat de kast onder spanning komt te staan.

Assen van potentiometers en dergelijke dienen galvanisch met de kast in verbinding te staan of moeten geheel geïsoleerd zijn. In geen geval mogen ze verbonden zijn met spanningvoerende delen in de schakeling, omdat dit ongevallen zou kunnen veroorzaken bij het losmaken of vastzetten van bedieningsknoppen. Assen van potentiometers en schakelaars die niet van een knop worden voorzien omdat zij zelden gebruikt worden, mogen niet buiten de kast uitsteken maar moeten

gelijk komen met de wand van de kast of iets hierbinnen blijven. De gleuf in de kop van de as moet geschikt zijn voor een normale schroevendraaier. In foto 16 is een voorbeeld gegeven van een apparaat dat is voorzien van potentiometers met schroevendraaier-instelling (tweede unit van boven).

Gereedschap

Bij het bepalen van de plaats en bij de montage van onderdelen moeten wij bedenken dat er geen speciale gereedschappen nodig moeten zijn voor het normale onderhoud en eventuele reparaties aan het apparaat. Natuurlijk mag men in de serie-productie speciale gereedschappen gebruiken om de montage te bespoedigen. De constructie moet echter zo zijn dat uitwisseling van onderdelen — zij het met iets meer moeite — met normale gereedschappen kan plaats vinden. Onder normale gereedschappen voor een onderhoudsmonteur wordt verstaan: diverse schroevendraaiers met een lengte tot 25 cm, een combinatietang van 20 cm, enige tangetjes en misschien nog enige steeksleutels. Met deze handgereedschappen moet hij bij eventuele reparaties alle onderdelen kunnen los- en vastmaken. Het is daarom aan te bevelen zo weinig mogelijk moer- en boutverbindingen toe te passen doch liever boutbevestigingen in getapte gaten in het chassis of frame te gebruiken, omdat de doorsnee-electriciën niet al te best is uitgerust voor het vasthouden van moeren. Dit geldt in het bijzonder voor grote en/of moeilijk toegankelijke apparatuur. Bovendien komt het nog wel eens voor dat een moer bij het losdraaien valt en onmogelijk is terug te vinden. Als het apparaat dan later wordt ingeschakeld, zal het niet zelden voorkomen dat juist deze moer kortsluiting veroorzaakt.

Als de wand van de kast te dun is voor het tappen van draad kunnen zgn. „felsmoeren” gebruikt worden die in het dunne plaatmateriaal worden vastgefelst of geklonken.

Ventilatie

Het hangt af van de warmte die tijdens bedrijf in een apparaat ontwikkeld wordt, of het nodig is ventilatie-openingen aan te brengen.

Als het niet strikt nodig is kunnen ze beter weggelaten worden omdat door deze openingen stof kan binnendringen. Zijn ze wel nodig — en dat zal bij de meeste apparaten het geval zijn — dan moeten ze zo aangebracht worden dat de natuurlijke trek, die een gevolg is van de warmteontwikkeling in het apparaat, zo veel mogelijk wordt benut. Een kap of kast van geperforeerde plaat zal meestal slechter de warmte afvoeren dan een kast die aan de onderzijde de lucht binnen laat en aan de bovenzijde door openingen weer afvoert (zie foto 20). De kast dient verder dicht te zijn om de „schoorsteenwerking” te bevorderen. Het bovendeksel van de kast kan men verhoogd monteren zoals foto 13 aangeeft, zodat rondom een gleuf ontstaat waardoor de warme lucht uit het apparaat kan ontsnappen.

Een kast dient van boven dicht te zijn om te voorkomen dat water, stof, wegvliegende metaaldeeltjes, kalk van muren of plafonds, etc. naar binnen dringen. Een dakvormige of schuin aflopende kap verhindert dat er vuil op het apparaat blijft liggen.

De ventilatie-openingen in de zijwand van de kast moeten afgedekt zijn tegen vallende en horizontaal wegvliegende deeltjes. Om insecten buiten te sluiten kan het nuttig zijn voor de openingen gaas aan te brengen. Dit moet echter niet een al te fijn soort zijn, want dan sluiten na enige tijd stofdeeltjes de openingen in het gaas af.

Voor apparaten die in de tropen gebruikt worden is het absoluut nodig dat de openingen van gaas worden voorzien. Zelfs kieren en gleuven in de kastconstructie moeten zo klein zijn dat termieten er niet in door kunnen dringen. Voor dit soort insecten is er altijd wel iets eetbaars te vinden en storingen zouden het gevolg er van zijn.

Indien verwacht wordt dat ondanks de ventilatie de bedrijfstemperatuur de toegelaten waarde toch zal overschrijden, moet een ventilator worden aangebracht. Deze kan het beste zo geplaatst worden dat hij aan de bovenzijde de verwarmde lucht uit het apparaat zuigt.

Afwerking en corrosie

Behalve mechanische eisen worden ook chemische eisen aan de omhulling van het apparaat gesteld. De afwerking van de kast wordt bepaald door aesthetische en practische overwegingen : gladde wanden

en gladde verflagen verdienen de voorkeur boven wanden met sierlijsten en afwerking met krimplak of rimpellak omdat deze stof vasthouden en dus moeilijker te onderhouden zijn.

Behalve dat het lakken het uiterlijk van de kast verfraait kan door een goede lak corrosie en roesten worden voorkomen. Bij het bepalen van de soorten verf of lak die worden gebruikt, dient men rekening te houden met het klimaat waarin het apparaat zal moeten werken. Onder klimaat wordt dan alles verstaan wat invloed kan uitoefenen op het apparaat, zoals vocht, warmte, chemische dampen (zuren, logen, oplosmiddelen).

Electro-chemische corrosie kan optreden wanneer twee verschillende metaalsoorten met elkaar in contact komen. Het minst edele metaal gaat hierbij corroderen wanneer de verbinding vochtig wordt. Aluminium en aluminiumlegeringen zijn in dit opzicht berucht: aluminium schroeven mogen nimmer gedraaid worden in gaten die in aluminium getapt zijn omdat ze door corrosie muurvast komen te zitten. Corrosie van aluminium kan worden voorkomen of verminderd door lakken of vernissen.

Transport

Om het transporteren van rekken en kasten te vergemakkelijken moeten oogbouten, takelogen of handvatten worden aangebracht (foto's 15, 19 en 20). Het kan verder gemakkelijk zijn zwenkrollen in plaats van poten te gebruiken omdat dan bij verplaatsingen in één en dezelfde ruimte geen sjouwersploeg met transportmateriaal behoeft te worden ingeschakeld.

Finishing touch

Bij het opstellen van de eisen die aan de schakeling worden gesteld en bij de verwezenlijking ervan, hebben wij voortdurend rekening gehouden met de onderhoudsman die in de praktijk de apparatuur zal moeten bijhouden en eventueel repareren.

Het werk van deze man kan worden vergemakkelijkt door één of meer stopcontacten in het apparaat aan te brengen (foto 21), zodat men een buisvoltmeter, oscillograaf, soldeerbout enz. kan aansluiten.

De aanwezigheid van een dergelijk stopcontact maakt het zoeken er naar in de buurt van het apparaat en eventueel het uitleggen van verlengsnoeren overbodig. Als men stopcontacten aanbrengt dient men er rekening mee te houden dat in diverse landen stopcontacten van een onderling afwijkend type zijn genormaliseerd.

C. BEPROEVING VAN HET PROTOTYPE

Er zou over de montage van een proefmodel nog veel meer gezegd kunnen worden dan al in de voorgaande paragrafen is gedaan, doch wij zullen er toch niet verder op ingaan.

Veronderstellen wij nu dat de montage is voltooid. Als alles is gecontroleerd, kunnen de buizen in de houders geplaatst worden. Grote buizen hebben strippen als katode- en gloeidraadaansluitingen (foto 22). Deze moeten goed worden vastgeklemd omdat zij in vele gevallen vrijwel de enige steun voor de buis vormen, en sterke stromen voeren. Als de buizen zijn opgesteld kan de spanning worden ingeschakeld. Zorg ervoor dat de voorgeschreven opwarmtijden voor de buizen in acht wordt genomen. Na het verlopen van de opwarmtijd kan de voedingsspanning worden ingeschakeld, en in negen van de tien gevallen zal dan blijken dat er ergens iets niet klopt. Dit is niets bijzonders want er zijn in elektrische schakelingen mogelijkheden te over om iets verkeerd te doen. Bij elektrische apparatuur stuit men namelijk niet op montagemoelijkheden wanneer bijv. een paar draden verkeerd worden aangesloten. Dit in tegenstelling tot een mechanisch apparaat waar iets niet past wanneer men het verkeerd doet; zo kan men bij een fiets de trapas niet met de achteras verwisselen. In een elektronisch apparaat kan de gloeispanningsleiding van een buis zonder moeite worden aangesloten tussen het rooster en de katode. Dit is niet zo erg, maar even gemakkelijk is het de anodespanning aan te sluiten op de gloeidraad en dat zal de buis in vele gevallen niet overleven.

Natuurlijk kunnen dergelijke fouten bij de montage worden vermeden, maar bij een proefmodel kan het toch gemakkelijk gebeuren dat er iets verkeerd gemonteerd wordt.

Wanneer het apparaat niet goed werkt, en toch blijkt dat alles vol-

gens het schema is gemonteerd en geen defecte onderdelen zijn gebruikt, wordt de zaak ingewikkelder, want dan is er dus een verschil in gedrag tussen laboratoriumproef en prototype.

Dikwijls blijken het wederzijdse beïnvloedingen van kringen te zijn — hetzij langs capacitieve ofwel langs inductieve weg — die bij de ordelijke montage van het prototype wel optreden maar die door de kris-kras dradenloop op het proefchassis niet voorkwamen. Als gevolg hiervan kunnen stabiele schakelingen onstabiel worden en hierin moet verbetering worden gebracht met behulp van ontkoppelingen en RC-schakelingen. Reageert het apparaat dan te traag, dan zit er niets anders op dan dat de bedrading wordt veranderd of de opstelling van onderdelen die elkaar beïnvloeden wordt gewijzigd. Concrete aanwijzingen kan men hier niet geven, omdat het sterk van de soort apparatuur afhangt wat de oorzaak is van de instabiliteit. Als voorbeeld noemen wij de lekvelen van transformatoren die spanningen kunnen induceren in luchtsmoorspoelen of in de roosterkringen van buizen, en zelfs de werking van de buizen zelf kunnen beïnvloeden. Een electronenbuis is in de stuurroosterkring zeer gevoelig. Millivolts en soms zelfs microvolts zijn voldoende om een complete schakeling te laten werken. Het is dus niet verwonderlijk dat zeer kleine stoorspanningen die het roostercircuit van een buis bereiken, de goede werking van een schakeling kunnen benadelen.

Het is gewenst het proefmodel zo zwaar mogelijk te belasten en dan na te gaan of overbelastingen of te hoge temperaturen optreden. Een hete weerstand kan niet alleen zijn eigen leven verkorten maar eveneens dat van een condensator of een buis die door de afgestraalde warmte een ontoelaatbare temperatuur krijgt. Als de schakeling onder deze zware belastingen blijft werken gedurende korte periodes, kan worden overgegaan tot andere proeven.

Allereerst wordt de bediening onder de loupe genomen: Is het apparaat gemakkelijk te bedienen? Er is reeds gewezen op de juiste hoogte van meters, knoppen en schakelaars (zie pag. 25). Beantwoordt hun plaats aan de verwachtingen? Worden spanningen, stromen, toerentallen enz. groter als de desbetreffende bedieningsknoppen rechtsom gedraaid en kleiner wanneer zij linksom gedraaid

worden? Als dit niet het geval is moet dit door verwisseling van de aansluitdraden gecorrigeerd worden.

Treedt onder geen enkele belastingstoestand iets onverwachts op als een instelling wordt veranderd?

De oorzaak hiervan kan een montagefout zijn, doch ook een punt in het ontwerp dat over het hoofd is gezien en nu bij grondige beproeving aan het licht komt. Op welke wijze het verholpen moet worden hangt natuurlijk van vele factoren af, maar dat het veranderd moet worden is zonder meer duidelijk.

Bij de beproeving van het prototype is het nuttig met een oscillograaf de vorm van de anode- en roosterspanning van de verschillende buizen na te gaan. Misschien treden er oscillaties op bij sprongvormige veranderingen van stromen of spanningen. Dikwijls zijn dat zulke kortdurende verschijnselen dat men ze op de oscillograaf alleen kan zien als de intensiteit van de electronenstraal groot wordt gemaakt, zelfs groter dan voor het beeld zelf nodig is. De toelaatbare piekspanningen kunnen bij deze oscillaties overschreden worden en er moeten dan dempcircuits aangebracht worden om de slingeringen te onderdrukken.

Beantwoordt het prototype aan de verwachtingen wat betreft zijn mechanische uitvoering? Is het geheel stevig en ligt bijv. het zwaartepunt niet teveel uit het midden waardoor het scheef in de takel hangt? De takelogen moeten dan op een andere plaats worden aangebracht. Wellicht zijn er nog meer mechanische beproevingen nodig om zekerheid te hebben dat er tijdens het transport of tijdens het bedrijf niet iets mis zal gaan, dat door een betere constructie had kunnen worden voorkomen. Hoewel geen enkel apparaat gemaakt wordt om hevig te trillen of te schokken kunnen de bedrijfsomstandigheden toch zo zijn dat een lichte trilling altijd aanwezig is of dat zo nu en dan een mechanische schok optreedt. Electronische apparatuur kan daar in het algemeen wel tegen, maar de mogelijkheid is zeker niet uitgesloten dat door langdurig trillen in een bepaalde frequentie een vermoeidheidsbreuk optreedt, doordat een draad of een ander constructie-element bij die frequentie in resonantie is en de daarbij optredende krachten niet kan weerstaan.

Deze situatie kan zich in allerlei soorten apparatuur voordoen en in dit opzicht staat een electronisch apparaat niet achter bij andere — bijv. mechanische — apparaten.

De massa van een electronisch apparaat is gewoonlijk veel kleiner dan die van een overeenkomstig mechanisch apparaat. Trillingen die via vloeren, staalconstructies e.d. worden overgebracht, brengen daardoor electronische apparatuur heviger in trilling dan de mechanische, omdat die als het ware als een zware demper fungeert. Zonodig bringe men daarom in het electronisch apparaat trillingsdempers aan zoals bijv. verende buisvoeten enz. Eventueel is het aan te raden het gehele apparaat verend op te stellen. Vooral bij zeer gevoelige apparaten mag men wel iets doen om de gevoeligheid en het fijne regelmechanisme met zorg te omringen. Een mechanisch of electro-mechanisch apparaat met een zelfde gevoeligheid, zou aanzienlijk meer voorzorgen tegen trillingen en schokken vereisen dan het electronische apparaat.

Indien er gevaar bestaat dat de buizen uit hun houders zouden trillen, moeten ze met beugels of bussen worden vastgezet. Deze mogen echter de koeling van de buis niet nadelig beïnvloeden. Het is over het algemeen niet nodig om grote buizen waarbij de gloeidraad via strippen is uitgebracht, nog met aparte beugels vast te zetten. De strippen laten nl. enige beweging van de buis toe, terwijl die mogelijkheid door het aanbrengen van een beugel zou verdwijnen (zie foto 22).

Het hangt van de bestemming van het apparaat af of het nodig is zoutwatersproeioproeven, schimmelproeven of tropenproeven te nemen. Moet het apparaat in de tropen worden gebruikt, dan dient hiermee natuurlijk al bij het ontwerp rekening gehouden te worden omdat men bijv. geen isolatiematerialen kan gebruiken die vocht absorberen. In een klimaat met een geringe relatieve vochtigheid kan dat materiaal erg geschikt zijn, maar voor de tropen deugt het dan toch niet.

D. SCHEMA VAN DE SCHAKELING

Ofschoon er reeds een schema van het apparaat is gemaakt vóór de laboratoriumproef werd opgezet, is pas na het beëindigen van de beproeving van het prototype het tijdstip aangebroken om een definitief schema op te stellen. In dit definitieve schema kunnen alle ervaringen

die zowel bij de laboratoriumproef alsook bij het prototype zijn opgedaan, worden verwerkt.

Bij het opstellen van schema's kunnen wij twee soorten onderscheiden, namelijk het principieschema en het bedradingsschema.

Het principieschema

Een principieschema geeft aan hoe de schakeling werkt, wat er precies gebeurt en in welke delen men zich het geheel gesplitst kan denken. Om het meeste nut van een dergelijk schema te hebben moet het logisch opgebouwd zijn zodat men op het kritieke moment geen tijd verspilt met zoeken.

Men leest een boek van links naar rechts en van boven naar beneden. Het blijkt in de praktijk aanbevelenswaardig dat men voor electrotechnische tekeningen hetzelfde systeem aanhoudt. In het schema begint men dus links boven met het ingangscircuit van het apparaat, dus het circuit waar het signaal, dat het apparaat commandeert, binnenkomt. Enige voorbeelden mogen dit verduidelijken.

Voor een l.f. versterker is de netvoeding een bijkomstige zaak en dus relatief onbelangrijk. De ingangsspanning komt aan de ingangsklemmen, dus aan de linker bovenzijde van het papier. De uitgangsklemmen voor de luidspreker komen rechtsboven in het schema. Op de tweede „regel” komt dan het minder belangrijke gedeelte, d.w.z. de netvoeding : ingangsklemmen links en het afvlakfilter rechts ervan.

Voor een accu-gelijkrichter is de gelijkrichtfunctie het voornaamste punt. Daar komt dus de wisselstroomvoeding links boven en de uitgangsklemmen rechts boven. Een eventueel aanwezige regeling komt op de tweede regel, want de regelmogelijkheid is een toegevoegde eigenschap en is alleen een — overigens zeer gewaardeerde — hulp bij het gelijkrichten.

Het hier geschetste principe is natuurlijk niet altijd strikt door te voeren, het is dan ook alleen bedoeld als een algemene richtlijn.

Het bedradingsschema

Een bedradingsschema is als het ware een plattegrond van de gemonteerde schakeling. Alle onderdelen zitten op de plaats waar ze in de

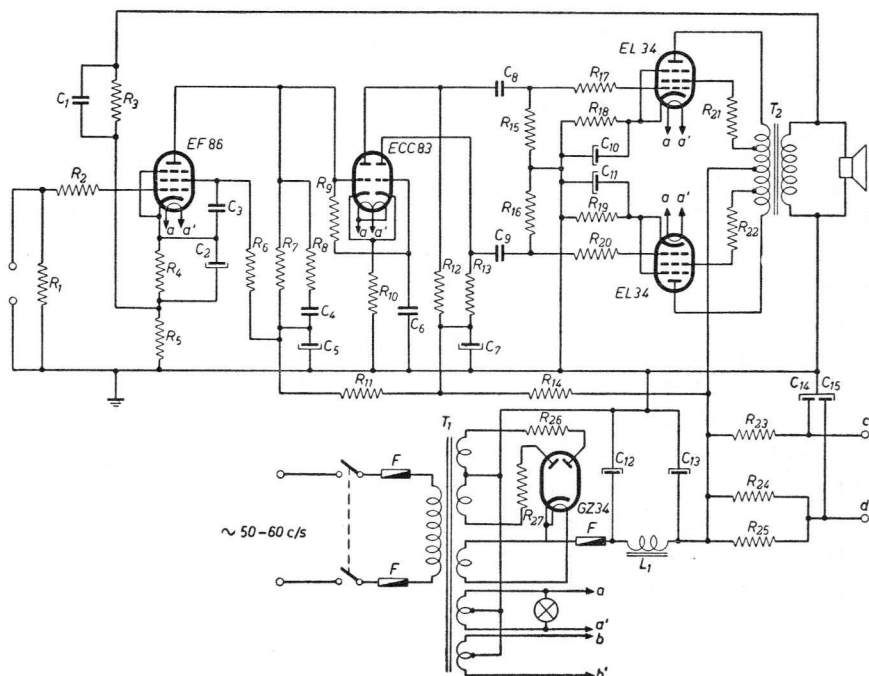


Fig. 5a. Principeschema. Links ingangssignaal, rechts uitgangssignaal (luidsprekers).
De voeding met links netaansluiting en rechts uitgangsgelijkspanning.

tekening staan. Uit een bedradingsschema kan men vrijwel niets gewaar worden omtrent de werking van het apparaat, maar dat is ook niet de bedoeling. De bedoeling is aan te geven hoe en waar alles gemonteerd is en deze tekening is dan ook van groot belang bij het onderhoud en eventuele reparaties. Het is duidelijk dat zowel in het principeschema als in het bedradingsschema voor de diverse onderdelen dezelfde nomenclatuur gebruikt moet worden.

In de schema's dienen de klemmen van het apparaat voorzien te zijn van cijfers, en deze cijfers moeten ook in het apparaat zelf bij de overeenkomstige aansluitingen zijn aangebracht, hetzij gegraveerd, ingeslagen of op een andere duidelijk leesbare wijze. De aansluitpunten van weerstanden, condensatoren en andere onderdelen dienen ook gemerkt te worden. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in foto 14. Bij deze nummering kan het beste het systeem gevolgd worden waarbij alle punten die direct electrisch contact met elkaar maken — dus niet

via weerstanden en transformatorwikkelingen — hetzelfde nummer krijgen. In het principe- of bedradingsschema is dit weliswaar meestal geen punt maar een lange draad, doch dat doet niets aan het principe af. Elke draad heeft zodoende zijn eigen nummer en alle klemmen waarmee hij in het apparaat is verbonden, dragen hetzelfde nummer.

Wil men in een apparaat de spanning weten tussen punt 63 en punt 18, dan hoeft men slechts deze klemmen op te zoeken zonder eerst bijv. het middelpunt van een transformatorwikkeling en het goede eind van een condensator, die resp. de nummers 63 en 18 dragen, op te zoeken. Het nummeren vergemakkelijkt zodoende het opsporen van storingen, want het valt niet altijd mee in een apparaat de bedrading te volgen. Dikwijls verdwijnt de betreffende draad in een bundel en dan is het een puzzel om uit te maken waar hij er weer uitkomt (zie fig. 5b). Op de tekeningen of bijbehorende stuklijsten moeten de waarden van de diverse onderdelen vermeld worden. Men kan niet volstaan met het geven van het codenummer van een weerstand of het aantal windingen van een transformatorwikkeling. Een codenummer is voor een onderhoudsmonteur alleen van waarde als hij het betreffende onderdeel onder dat nummer bij zijn reserve-onderdelen kan vinden. Moet het nog worden besteld als het kapot is, dan onttrekt men hem de mogelijkheid tot improvisatie om het apparaat weer zo snel mogelijk te laten werken : als de waarde bekend is kan hij voorlopige reparaties uitvoeren door parallel- of serieschakeling van onderdelen die wel voorradig zijn of door bijkomende waarden te nemen. Het aantal transformatorwindingen te weten is alleen van belang wanneer er een nieuwe gemaakt moet worden.

In het algemeen geldt : geef zoveel mogelijk bruikbare gegevens aan de onderhoudsmonteur. Zodra het apparaat verkocht is, geeft men toch „geheimen” ervan prijs want iemand die het wil namaken en zich de tijd gunt het apparaat grondig te bestuderen komt alle bijzonderheden van de schakeling te weten. Het enige gevolg van het ter beschikking stellen van onvolledige schema's en gegevens is, dat men het risico loopt dat de klant gaat uitzien naar leveranciers die hem een betere service geven, ook op het gebied van schema's en tekeningen omdat deze voor het onderhoud van zijn machine en de continuïteit van de productie van essentieel belang zijn. Een goede

schematekening in de handen van een ervaren monteur kan kostbare uren besparen bij een eventuele storing. En omdat het voornaamste doel van een schema is het geven van steun bij het zoeken van fouten, is het vanzelfsprekend dat het dan ook zoveel mogelijk voor dat doel geschikt moet zijn.

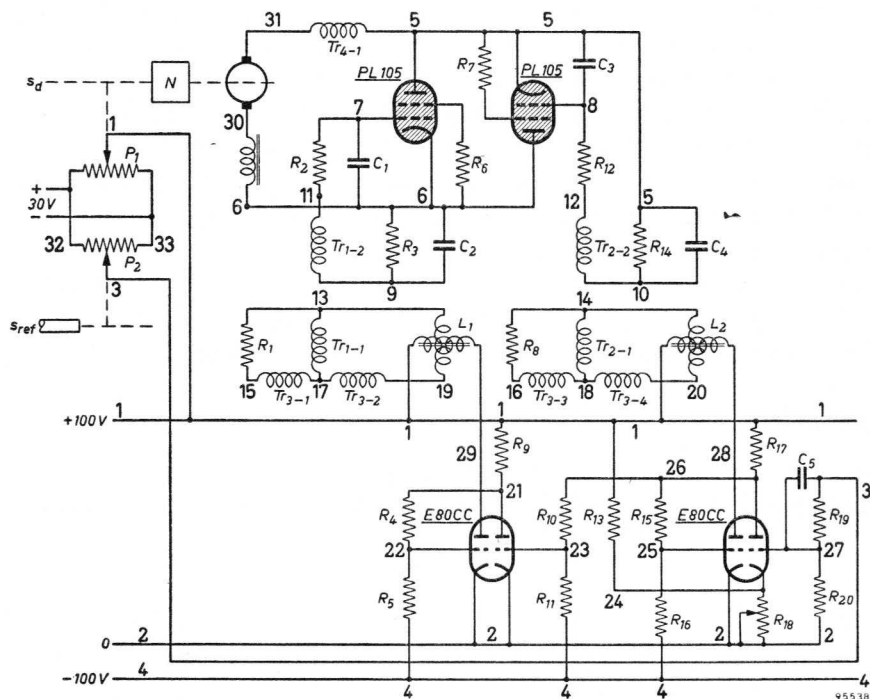


Fig. 5b. Schema waarin de verbindingen nummers hebben.

HOOFDSTUK 4

PRODUCTIE

Wanneer alle onderdelen en materialen aanwezig zijn, kan met de fabricage van een serie apparaten worden begonnen. De ingekochte onderdelen moeten natuurlijk voldoen aan de gestelde eisen en in verband hiermede kan het nemen van steekproeven nuttig zijn. Indien zich op dit punt moeilijkheden voordoen kan men deze het best via de leverancier oplossen. Een ontwerper moet er op toezien dat degene die de onderdelen inkoopt werkelijk de kwaliteit en het merk bestelt die door hem zijn voorgeschreven. Inkopers laten zich soms verleiden tot het kopen van onderdelen die goedkoper zijn dan de voorgeschrevene. Soms hebben zij hierin gelijk, omdat zij meer leveranciers kennen dan de ontwerpers op het constructiebureau, doch zij mogen het alleen doen met toestemming van de constructeur.

Hieronder volgen een aantal punten betreffende de eigenlijke productie en de eindcontrole in de fabriek die uit het oogpunt van efficiency en betrouwbaarheid van het product van voordeel kunnen zijn.

Boormallen

Het aftekenen van chassis kan aanzienlijk versneld worden door gebruik te maken van boormallen voor het op de juiste plaatsen boren

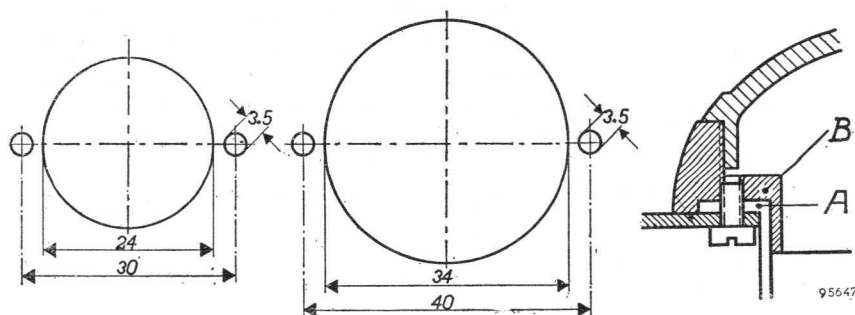


Fig. 6. De maatschets van de signaalamphouder afgebeeld op foto 23, is afgedrukt op de montage-aanwijzing die bij de lamphouder verpakt wordt. Deze maatschets kan tevens dienen als boormal voor de gaten, die moeten worden aangebracht in de montagehal.

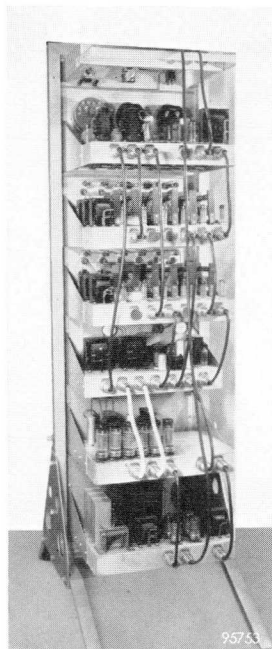


Foto 12. Meetapparaat opgebouwd uit units die in een rek worden gemonteerd. Onderlinge verbinding der chassis uitgevoerd met stopcontacten en meeraderige soepele kabels.

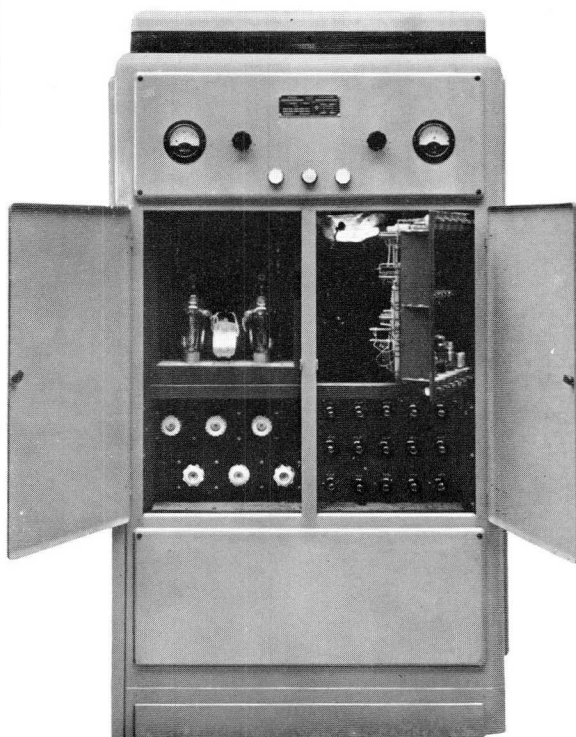
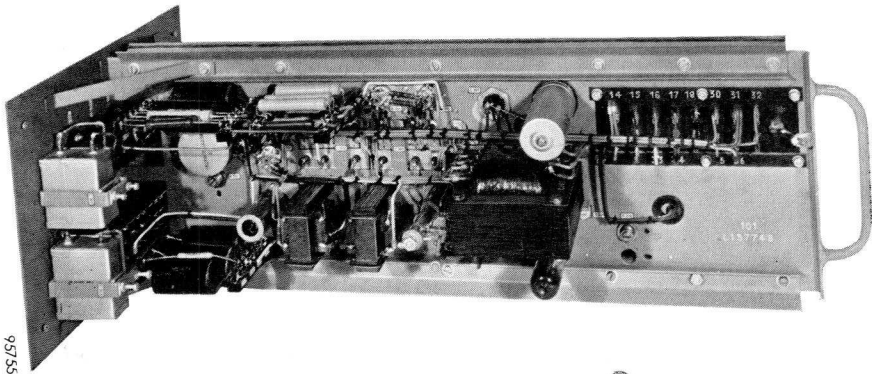
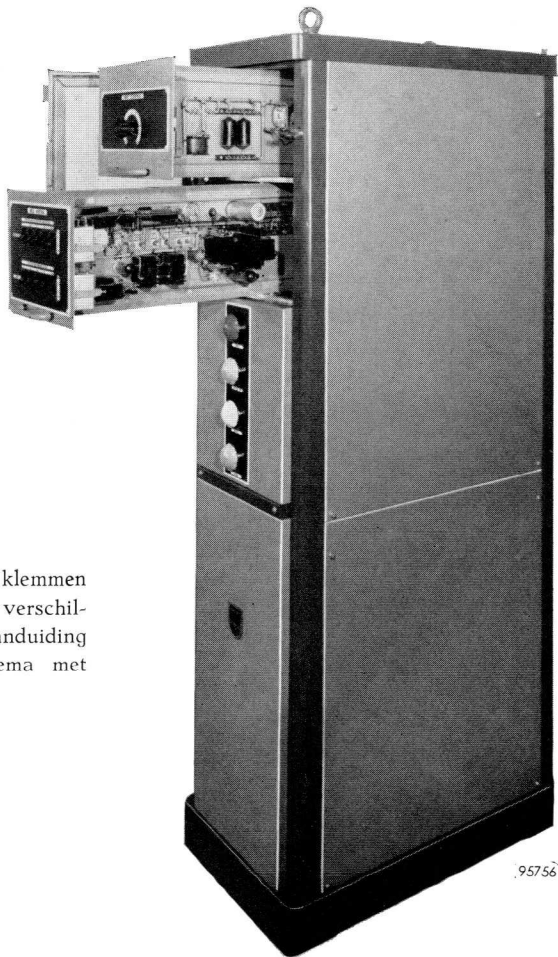


Foto 13.
Hier is het chassis als
een deur draaibaar.



95755



95756

Foto 14 en 15.

Uitschuifbare units. De klemmen zijn genummerd, en bij verschillende onderdelen is de aanduiding volgens het principeschema met een transfer vermeld.

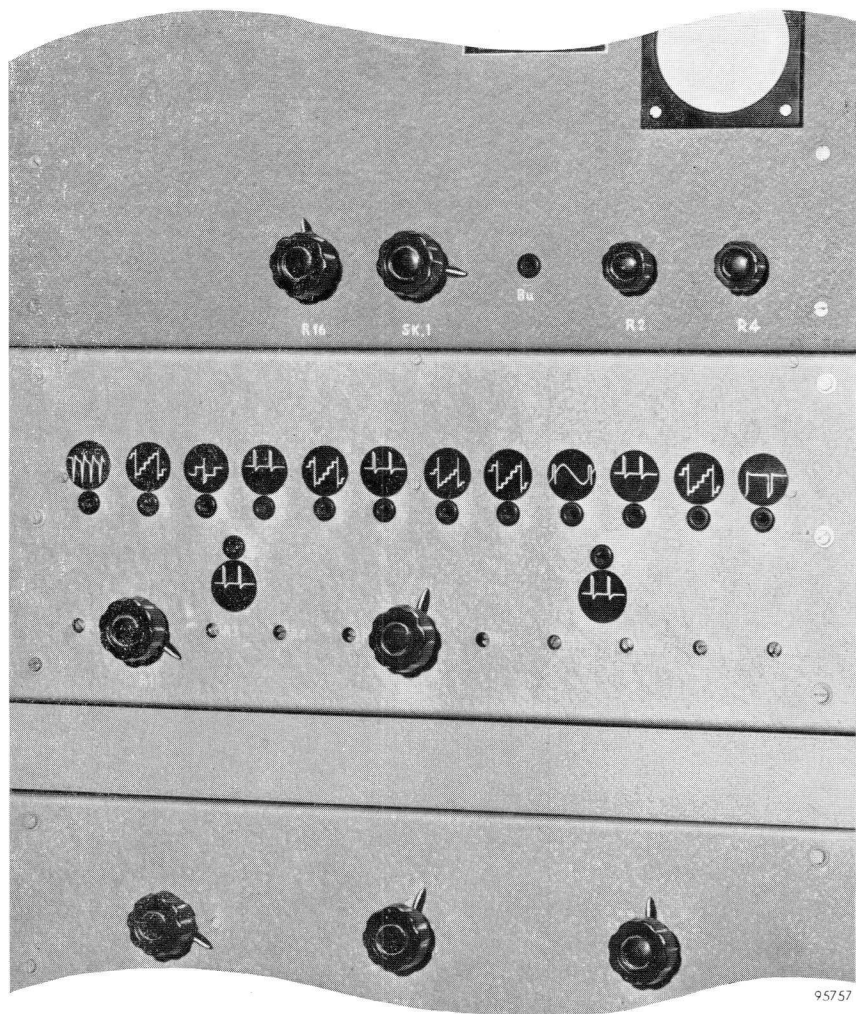


Foto 16. De middelste unit heeft z.g. schroevendraaier-instellingen en meetbussen die voorzien zijn van een transfer dat weergeeft wat, bij juiste instelling, op het scherm van de oscillograafbuis moet verschijnen.

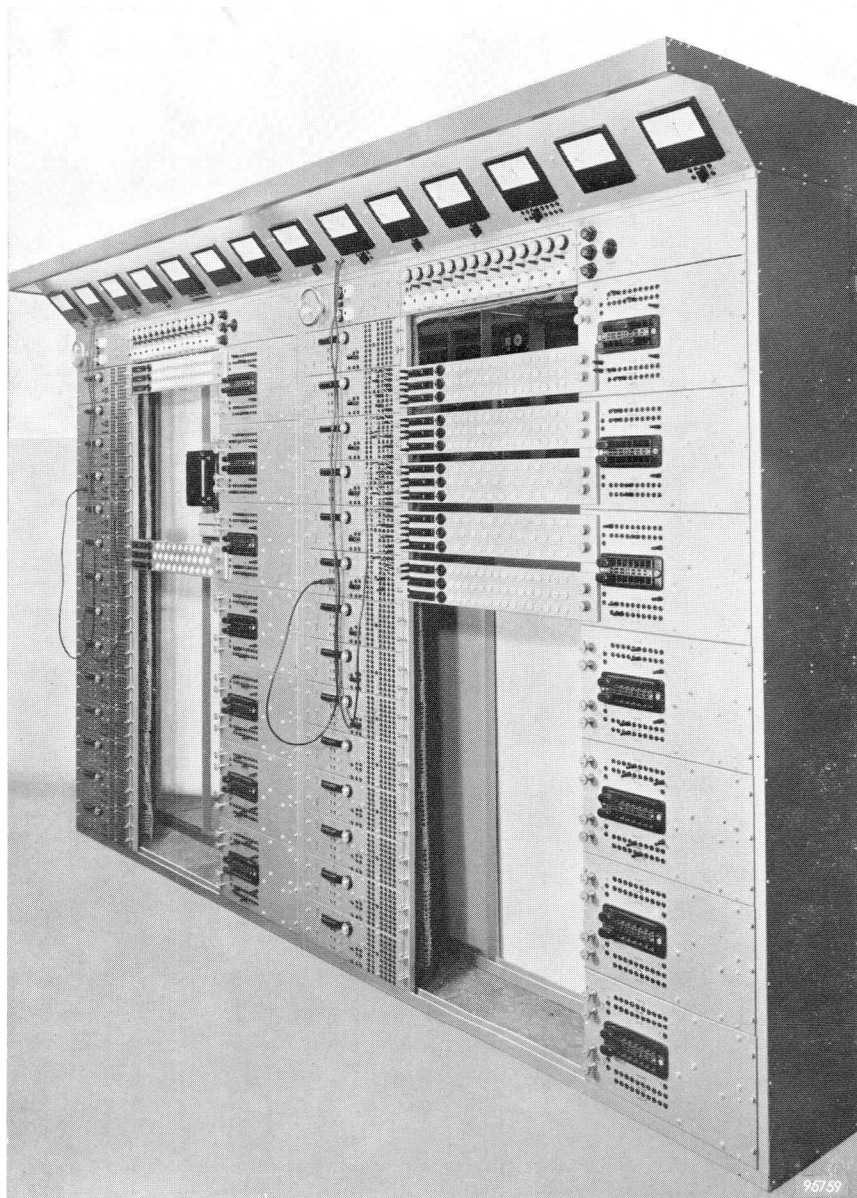


Foto 17. Noodgedwongen komen de meetinstrumenten hoog te zitten. Ze hellen voorover om de aflezing mogelijk te maken. In het verlengde meterpaneel zijn „TL”-buizen aangebracht ter verlichting van de „voorgevel” van het apparaat.

van bevestigingsgaten voor onderdelen in chassis, platen en frontpanelen. De eenvoudigste vorm is een stukje plaatijzer waarin op de juiste plaatsen kleine gaatjes zijn geboord waar doorheen gecenterd of afgekrast kan worden. Omdat in een apparaat meestal verschillende buishouders, potentiometers, meetinstrumenten etc. gemonteerd moeten worden, loont het zelfs voor een enkel apparaat reeds de moeite dergelijke mallen te maken. Zie ook fig. 6.

Solderen

In de fabriek moet het gebruik van agressieve vloeimiddelen, zoals soldeerwater of -pasta, bij het solderen verboden zijn. Deze vloeimiddelen moeten uit de montageruimte verbannen worden, want wanneer zij aanwezig mochten zijn is de verleiding groot om voor het reinigen van de geoxydeerde punt van de soldeerbout deze even in het soldeervet te dopen. Dit zou op zichzelf geen kwaad kunnen omdat de bout heet genoeg is doch de kans is groot dat een vleugje vet op de te solderen verbinding terecht komt. Doordat de verbinding vaak een veel lagere temperatuur heeft tijdens het solderen dan de bout, verdampt het vloeimiddel niet volledig en na enige tijd is de verbinding groen uitgeslagen of bedekt met stof dat in de dunne vetlaag blijft kleven.

Striptangen

Het is aan te raden voor het blank maken van de einden van montage-draad striptangen of draadkrabbers te gebruiken. Deze gereedschappen snijden de isolatie juist tot op de draad door, waarna de isolatiemantel gemakkelijk kan worden verwijderd zonder dat de draadkern beschadigd wordt. Met een mes is deze behandeling veel tijdrovender en in de meeste gevallen zal de vertinde draadkern ingesneden of minstens enigszins „ontveld” worden waardoor het solderen bemoeilijkt wordt.

Eindcontrole

Als een apparaat in de productie is gereedgekomen, moet de werking ervan gecontroleerd worden. Daartoe kan men beginnen met een controle van de knoppen en schakelaars. In deze bedieningsorganen mag

geen dode gang of speling zitten, want niets is zo onaangenaam als het uitblijven van de gewenste verandering wanneer men een knop iets verdraait. Men is dan geneigd de desbetreffende knop direct een flink stuk te verdraaien om dan plotseling tot de ontdekking te komen dat er wel degelijk iets gebeurt, en meestal meer dan bedoeld werd.

Knoppen mogen niet zo stroef lopen dat zij alleen schoksgewijs verdraaid kunnen worden, want dan is een nauwkeurige instelling niet mogelijk. Men zou dit euvel natuurlijk met wat olie kunnen verhelpen, maar het is de vraag of dit op den duur voldoende is. In het algemeen moet het gebruik van olie in elektrische apparatuur zoveel mogelijk beperkt worden omdat stof er in blijft plakken en na verloop van tijd een korst ontstaat die de beweging belemmert of hoge overgangsweerstanden bij contacten veroorzaakt.

Na de controle van de bedieningsknoppen is het raadzaam na te gaan of alle onderdelen goed zijn vastgezet; het komt niet zelden voor dat men een schroef vergeet vast te draaien. Controleer ook alle verbindingen want tijdens het solderen kan er één aan de aandacht ontsnapt zijn.

Indien unit-bouw wordt toegepast, moet elke unit getest worden en de isolatieweerstand ten opzichte van de kast worden gemeten. Welke metingen tijdens de eindcontrole van een unit of een apparaat moeten worden gedaan, hangt uiteraard sterk af van de functie van het apparaat.

Tijdens de productiecontrole worden allerlei nuttige gegevens verzameld die het opstellen van een service-handleiding aanzienlijk kunnen vergemakkelijken. De opgetreden fouten geven een inzicht in de gevolgen van een bepaalde kortsluiting, laten zien wat er gebeurt wanneer een bepaalde spanning wegvalt enz. Dergelijke fouten kunnen nl. ook tijdens het bedrijf optreden en voor het opheffen van storingen zijn de gegevens die bij de eindcontrole worden opgedaan dus van groot nut.

Bij de algehele controle moeten de aangebrachte beveiligingen worden getest door fouten in het apparaat te veroorzaken die de betreffende beveiligingen in werking stellen. Pas als het bewijs is geleverd dat het apparaat goed functioneert, kan het aan de klant worden afgeleverd.

Verzending

Tijdens het transport zal het apparaat — vooral bij het overladen en rangeren — meer stoten en schokken te verduren krijgen dan in zijn hele verdere leven.

Wij hebben er al op gewezen dat, om lostrillen van onderdelen te voorkomen, deze bevestigd moeten zijn met bouten en moeren waaronder verende sluitringen zijn aangebracht. Omdat niet alle schroefverbindingen kunnen worden geborgd met verende sluitringen, kan in die gevallen een druppel lak of dikke verf gebruikt worden om de moer- of boutkop vast te plakken.

Kleine apparaten — ongeveer ter grootte van een radio toestel — kunnen in hun geheel nog zo verend worden verpakt dat alle onderdelen kunnen blijven zitten.

De meetinstrumenten en electronenbuizen van grote apparaten moeten uit het apparaat gehaald worden en apart in dozen met houtwol worden verpakt. Een goed meetinstrument heeft gevoelige lagertjes waarin de asjes draaien en er is niet veel voor nodig om de fijne aspuntjes te beschadigen, terwijl electronenbuizen uit de houders kunnen vallen of inwendig kapot trillen. Het is het beste electronenbuizen te verzenden in de originele verpakking die daarvoor speciaal is ontworpen.

Het verpakken kunnen wij nu verder het beste overlaten aan een deskundige op dit gebied, want de wijze van verpakken is afhankelijk van vele factoren waaronder bijv. de bestemming van het apparaat: van bepaalde soorten verpakking moeten in sommige landen invoerrechten betaald worden. Al dit soort moeilijkheden moeten door een expeditie-afdeling of een expeditiebedrijf worden opgelost en de constructeur dient er alleen op toe te zien dat de verpakking aangepast wordt aan het soort apparaat. Dit houdt o.m. in dat niet met balken of latten wordt gestut op die plaatsen, die misschien voor de verpakker voor de hand liggen doch die uit mechanisch oogpunt niet toelaatbaar zijn omdat zodoende het inwendige van het apparaat zou kunnen worden beschadigd. De verpakker kent het inwendige niet en men zou het hem dus ook niet kwalijk kunnen nemen wanneer hij dergelijke fouten maakte. „Teamwork” is tijdens het hele wordingsproces van een apparaat onontbeerlijk, en ook tussen de constructeur en expéditeur moet een goede

verstandhouding bestaan, wil niet tijdens het transport alles bedorven worden wat zo moeizaam tot stand is gekomen. Een constructeur doet er goed aan reeds bij het ontwerp rekening te houden met de mogelijkheid van een goede verpakking. Hij dient in verband met de verzending er aan te denken dat zijn constructie veel sterker moet zijn dan op grond van berekeningen met statische belastingen nodig zou zijn. Hij doet er goed aan, het proefmodel aan de critiek van de expediteur te onderwerpen die wellicht nog nuttige aanwijzingen kan geven in verband met de verzending.

Als het apparaat in zijn verpakking niet mag worden gekanteld of ondersteboven getransporteerd, moet dit duidelijk worden aangegeven in de hoop dat daar dan ook de hand aan wordt gehouden.

HOOFDSTUK 5

OPSTELLING EN INGEBRUIKNEMING

Het hangt van de soort apparatuur af of de leverancier dan wel de gebruiker het apparaat uitpakt, opstelt en in gebruik neemt. Over het algemeen worden grote apparaten of machines door de fabrikant bedrijfsklaar gemaakt. Kleinere apparaten, die in hun geheel worden verpakt en waarbij na het uitpakken alleen maar een stekker in het stopcontact behoeft te worden gestoken (nadat eventueel los bijgepakte onderdelen zijn geplaatst), vereisen meestal geen speciale opstelling, afregeling etc., of deze is zo eenvoudig dat ook een niet-technicus die kan verrichten. Een speciale instructie voor bediening en onderhoud behoeft voor deze kleine apparaten meestal niet mondeling te worden gegeven; een goede handleiding is voldoende.

Bij grotere en meer ingewikkelde apparaten moet bij het openmaken van de kist of krat op een in het oog vallende plaats een enveloppe te vinden zijn waarin de montagetekeningen en handleidingen, bedieningsvoorschriften, gebruiksaanwijzingen en richtlijnen voor het onderhoud en het opheffen van storingen zijn opgeborgen. Men dient er bij het uitpakken zorg voor te dragen dat deze enveloppe met belangrijke papieren niet zoek raakt tussen houtwol en pakpapier, want de inhoud is net zo belangrijk voor de gebruiker als een rijbewijs voor de automobilist.

Voorlopig zijn alleen de montagetekening en -handleiding van belang. Daarin zijn aangegeven de hartafstanden van bevestigingsgaten, bruto benodigd vloeroppervlak, o.a. in verband met het draaien van de deuren van het apparaat, plaats van de in- en uitgangskabels en de aansluitingen voor thermo-elementen, pyrometers en andere hulpapparaten. Soms kan een montagetekening worden gebruikt als boormal of aftekenmal (zie foto 23 en fig. 6). Ze moet dan natuurlijk op ware grootte zijn en dit kan daarom alleen gebeuren bij apparaten waarvan de afmetingen zodanig zijn dat niet tengevolge van doorhan-

gen van het papier of karton een onnauwkeurigheid in de afstanden tussen de te boren gaten wordt veroorzaakt.

Aan de hand van de montagetekening kunnen nu eerst de bevestigingsbouten worden aangebracht in vloer of muur, alsmede de buizen of kabels voor de voeding en de hulpcircuits. Vervolgens wordt het apparaat geplaatst, en het aansluiten van kabels en draden is nu nog slechts een kleinigheid die echter nauwgezet moet worden uitgevoerd: de juiste draad aan de juiste klem.

Vooraf bij thermo-elementen wordt gemakkelijk een vergissing gemaakt bij het aansluiten van de draden. Soms wordt deze vergissing direct bemerkt doordat de meter verkeerd uitslaat, soms kan het heel lang duren voordat de oorzaak van een miswijzing kan worden opgespoord. Meestal is het eigenlijke thermo-element in de oven zelf aangebracht en bevinden de aansluitklemmen zich vrij dicht bij de ovenwand. In dit geval wordt niet de juiste temperatuur gemeten omdat de temperatuur van de aansluitklemmen moet worden afgetrokken van die van de oven. Om ineens de juiste temperatuur te kunnen aflezen worden de aansluitklemmen van het thermo-element met het meetinstrument verbonden door middel van een zogenaamde compensatiekabel die een thermo-emk produceert. De combinatie van de in de kabel verwerkte metalen moet zo zijn, dat hierin — althans in het werkgebied van de kabel — tussen de opgewekte spanning en het temperatuurverschil hetzelfde verband bestaat als bij het thermo-element zelf. Wanneer de kabel goed wordt aangesloten, wordt het juiste temperatuurverschil tussen de oven en de buitenlucht gemeten; verwisselt men echter de aansluitdraden aan elk der kabeleinden, dan wordt de meetfout vergroot in plaats van gecompenseerd.

Men dient er bij het installeren van apparaten voor temperatuurmetingen dus wel degelijk op te letten dat de compensatiekabel goed wordt aangesloten. Is men niet zeker van de goede aansluiting dan is het verstandig de kabeleinden aan de kant van de oven los te maken, ze met elkaar te verbinden en een brandende lucifer of een warme soldeerbout onder de verbinding te houden. Het meetinstrument moet dan in de goede richting uitlaan. Fig. 7 laat zien hoe een compensatiekabel wel en niet moet worden aangesloten.



Fig. 7. Thermo-element en compensatiekabel

Een „electrische” thermometer moet meestal met behulp van een verlengkabel aan het eigenlijke thermo-element worden aangesloten. Omdat het z.g. koude einde van het element meestal vrij warm is, en in geen geval een nagenoeg constante temperatuur heeft, is het aan te bevelen een verlengkabel te nemen, die dezelfde thermo-elctrische eigenschappen heeft als het element. Deze compensatiekabel moet echter goed worden aangesloten, wil ze geen averechtsge volgen hebben. In het bovenste geval worden de E.M.K.'s van het element en de compensatiekabel gesommeerd en wordt dus de juiste temperatuur gemeten. In het onderste geval wordt de E.M.K. van het element verminderd met de E.M.K. van de kabel en zodoende ontstaat een aanzienlijke miswijzing, die varieert met de temperatuur van het verbindingspunt.

De draden van drukknoppen voor het bedienen van electro-magnetische schakelaars kunnen gemakkelijk foutief worden gemonteerd zodat wel kan worden ingeschakeld maar niet meer uitgeschakeld. Het moet zo zijn dat het apparaat wordt uitgeschakeld als men op beide knoppen tegelijk drukt. Er kan soms een mensenleven van afhangen; moet men eerst uitzoeken welke van de twee knopen de uitschakelknop is dan kan het soms al te laat zijn. Eén greep met twee vingers, elk op een knop, moet uitschakelen tot gevolg hebben (zie fig. 8).

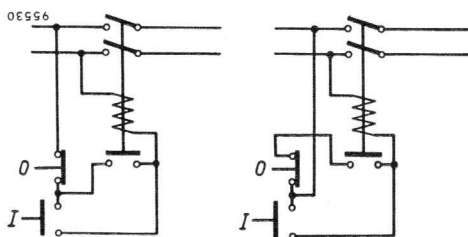


Fig. 8. Goed en verkeerd aangesloten drukknoppen van electro-magnetische schakelaars. Uitsluitend de uitschakel-drukknop 0 is aan één zijde met het net verbonden. Door op deze knop te drukken wordt de keten van de spoel altijd verbroken, waardoor de schakelaar uitvalt, ook al

wordt tegelijk op de inschakelknop I gedrukt. In de rechter figuur wordt de schakelaar ook uitgeschakeld als op de uitschakelknop wordt gedrukt. Drukt men echter tegelijk op de inschakelknop, dan vindt toch weer inschakeling plaats, omdat één der contacten van deze knop met het net is verbonden. In noodgevallen is dit gevaarlijk, want men kan vaak niet snel genoeg zien welke de uitschakelknop is. Men moet dan op beide knoppen tegelijk kunnen drukken om de installatie uit te schakelen.

Als het apparaat is geplaatst en alle kabels zijn gemonteerd, kunnen meters, electronenbuizen en andere onderdelen die apart waren verpakt, worden geplaatst. Men leze hiervoor eerst de eventuele montage-aanwijzingen die bij de verpakking waren ingesloten en volg de desbetreffende wenken op. Tot slot volgt een laatste inspectie om te zien of alles in orde is : geen strohalmen of houtwol van de verpakking meer in het apparaat, geen losgetrilde of defecte onderdelen, geen losgeraakte schroeven etc. Dan worden de deuren en deksels gesloten en de hoofdschakelaar ingeschakeld, nadat gecontroleerd is of alle zekeringhouders van de juiste zekeringen zijn voorzien en alle andere schakelaars in de stand „uit” staan.

Als er nu niet iets abnormaals gebeurt laten wij de electronenbuizen in deze stand rustig warm worden. Het kan zelfs zijn dat dit automatisch door middel van een tijdrelais gebeurt ; als dit niet zo is wachten we af tot de tijd verstreken is die in de handleiding van het apparaat staat aangegeven. We draaien intussen alle regelknoppen naar links om te voorkomen dat na het verstrijken van de opwarmtijd plotseling een machine op zijn hoogste toerental begint te draaien. Als de knoppen naar links gedraaid zijn — we nemen hierbij het algemene geval, er zullen natuurlijk ook uitzonderingen zijn waarbij naar rechts draaien geboden is — kan na de voorgeschreven opwarmtijd de regelknop een beetje opgedraaid worden. Wij laten de betreffende machine enige tijd langzaam lopen en geven intussen oren, neus en ogen goed de kost: verdachte geluiden, onregelmatig opflikkeren van het gasontladingslicht in met gas gevulde electronenbuizen, een schroeilucht en dergelijke verschijnselen waarschuwen soms nog tijtjds dat er iets niet in orde is. Hoe beter men oplet, des te eerder wordt een onregelmatigheid opgemerkt en des te kleiner is de kans op onherstelbare schade. Als er iets niet klopt, moet het apparaat zonder aarzelen worden uitgeschakeld en de fout direct opgespoord worden. Het is raadzaam daar niet mee te wachten, want naderhand ziet men geen rook meer of is het defecte onderdeel misschien al afgekoeld voordat inspectie van het inwendige aantoon waar de fout zit.

Als het apparaat de eerste paar minuten normaal werkt, kan de regelknop verder worden opgedraaid, terwijl men goed blijft letten op even-

tuele abnormale verschijnselen. We laten dan de knoppen even in hun maximale stand staan en gaan na of er niet iets abnormaal heet wordt. Hierbij mogen wij niet vergeten dat transformatoren en motoren tegenwoordig een behoorlijke temperatuursverhoging kunnen hebben voordat er sprake is van overbelasting. Als de elektrische eigenschappen van het apparaat in orde zijn bevonden moet worden nagegaan of het apparaat zijn functie ook werkelijk goed vervult. Deze simpele omschrijving kan weliswaar veel inhouden, doch het is zaak dit serieus te doen.

Bij het opstellen en bedrijfsklaar maken behoort de toekomstige onderhoudsman aanwezig te zijn al was het slechts om de helpende hand te bieden. Hij zal in de toekomst alleen voor de onderhoudstaak staan en het is raadzaam hem er zo vroeg mogelijk vertrouwd mee te maken. Helpt hij bij het opstellen van het apparaat, dan weet hij reeds in grote lijnen waar en hoe de diverse onderdelen zijn gemonteerd.

Als het apparaat moet worden afgeleverd, vindt de gebruiker het soms uit zuinigheidsoverwegingen onnodig zijn onderhoudsman bij het opstellen te laten helpen, omdat het „opstellen bij de levering is inbegrepen”. Eveneens komt het voor dat de leverancier er „geen pottekijker bij wil hebben” zolang nog niet alles zonder haperen functionneert en de deuren en deksels het inwendige van het apparaat aan het oog onttrekken. Beide instellingen zijn fout, want door een goede samenwerking tussen leverancier en gebruiker kunnen allerlei wrijvingen worden voorkomen.

De aanwezigheid van de onderhoudsman bij het opstellen van het apparaat betekent verder voor de leverancier dat hij straks niet voor iedere kleine reparatie een technicus behoeft te sturen. Bovendien kan hij tijdens het opstellen de onderhoudsman die dikwijls alleen gewend is aan sterkstroomapparatuur, enigszins vertrouwd maken met deze voor hem nog onbegrijpelijke techniek. Een sterkstroom-electriciën is zware schakelaars en regelweerstand gewend, en beschouwt potentiometers van electronische apparatuur als speelgoed. Het is de taak van de leverancier hem duidelijk te maken dat door deze potentiometers slechts enkele duizendste delen van ampères vloeien en dat de veiligheidsmarge van deze regelweerstandjes gewoonlijk heel wat

groter is dan die van de grote weerstanden die hij kent bijv. uit de aansluitingen van motoren.

Dit is maar één voorbeeld; hetzelfde geldt voor andere onderdelen zoals relais, transformatoren enz., zelfs draaddiktes vergen soms explicaties. Uit het bovenstaande blijkt duidelijk dat beide partijen belang hebben bij een goede samenwerking tijdens het opstellen en bedrijfsklaar maken van het apparaat. Om dezelfde redenen is het gewenst dat degene die in de toekomst het apparaat moet bedienen hierbij aanwezig is. Hij kan beoordelen of de kwaliteit van het product dat met behulp van het elektronische apparaat is gemaakt, aan de eisen voldoet. Bovendien wordt hij spelenderwijs ingewijd in de bedieningsvoorschriften en leert tevens het hoe en waarom van deze voorschriften. Tenslotte zal hij later niet zo spoedig geneigd zijn een optredende kwaliteitsafwijking zonder meer aan het nieuwe apparaat toe te schrijven, waardoor dus nietgerechtvaardigde klachten worden voorkomen.

De instructies die in de gebruiksaanwijzing van het apparaat zijn ge-

In de laatste alinea's van de vorige paragraaf zijn al enkele aspecten besproken die nauw aansluiten bij dit hoofdstuk. Men dient de gebruiker, nadat alles in orde bevonden is, uit te leggen dat alle punten gecontroleerd en in orde bevonden zijn en hem dit eventueel te demonstreren.

De instructies die in de gebruiksaanwijzing van het apparaat zijn gegeven, moeten worden uitgelegd en toegelicht. Hierdoor voorkomt men dat het apparaat wordt gebruikt op een wijze die niet toelaatbaar is of voor een doel waarvoor het niet geschikt is. Het is niet altijd mogelijk te volstaan met een éénmaal gegeven mondelinge instructie. De kans op fouten bij het gebruik is dan nog groot en daarom is het gewenst een duidelijke, korte instructie aan te brengen op het apparaat. Natuurlijk moet de tekst ervan ook te vinden zijn in de bedieningsvoorschriften, zodat bij eventueel zoekraken van het werkexemplaar een copie gemaakt kan worden.

Men dient de gebruiker duidelijk te maken waar de grenzen van de mogelijkheden van het apparaat liggen. Het blijkt nogal eens dat een gebruiker meer uit een apparaat wil halen dan er in zit en de fabrikant

hierover een klacht moet incasseren. Toen de klant het apparaat nog niet in bedrijf had en hij nog volgens een verouderde methode produceerde, waren de mogelijkheden van het elektronische apparaat een dusdanige verbetering dat het er komen moest. Maar nu het nieuwe productie-apparaat er is en de voordelen er van tot uiting komen, ziet de gebruiker dat hij er nog meer uit zou kunnen halen. Hij verlangt dat dan ook meteen van het bestaande apparaat, hoewel het er niet voor ontworpen is. Hiertoe zal het apparaat moeten worden gewijzigd of uitgebreid en misschien zelfs wel vervangen worden door een geheel ander.

Soms is de gebruiker er zich in het geheel niet van bewust dat hij meer verlangt dan bij de opdracht is overeengekomen. Bij een fotocel-apparaat bijv. zal de lichtbron een bepaalde minimale lichtstroom moeten geven en heeft de afstand van de lamp tot de cel een zekere maximale waarde. Wil men nu om een bepaalde reden een zwakkere lamp gebruiken of de afstand tussen de cel en de lamp vergroten, dan blijkt dit niet te gaan. Men ziet in waarom het apparaat het niet meer doet omdat het „licht toch nog op de cel valt”. Dit voorbeeld slechts ter illustratie van „overvragen” zonder dat men zich daarvan bewust is. De onderhoudsman moet eveneens met de grenzen van de mogelijkheden op de hoogte zijn om te voorkomen dat hij op een gegeven ogenblik gaat zoeken naar een fout die er niet is.

Bedienend personeel

Wij hebben er al op gewezen dat het zowel voor de fabrikant als voor de gebruiker van belang is dat degene, die in de toekomst het apparaat zal moeten bedienen, aanwezig is bij de overdracht en de uitleg van de instructies die bij deze overdracht gegeven wordt. Bij deze gelegenheid moet het bedienend personeel er op gewezen worden dat bij het optreden van een defect het apparaat direct moet worden uitgeschakeld en de verantwoordelijke onderhoudsman gewaarschuwd. Men mag dus het apparaat niet in werking laten of trachten door enkele malen opnieuw in te schakelen het apparaat weer op gang te brengen. Dit kan beschadiging van andere onderdelen tengevolge hebben, ook wanneer het oorspronkelijke defect slechts op één onderdeel betrekking had.

Het gevolg is uiteraard dat de reparatie langduriger en kostbaarder wordt.

Onderhoudspersoneel

Het is aan te bevelen dat slechts één man verantwoordelijk is voor het onderhoud van een apparaat. Indien er in ploegen wordt gewerkt, mag de onderhoudsman van de nachtploeg uitsluitend noodreparaties verrichten en moet hij deze melden aan de dagdienst die dan de definitieve reparaties kan uitvoeren. Meestal beschikt de nachtploeg over minder hulpmiddelen dan de dagdienst en zijn de hulpmaterialen en reserve-onderdelen opgeborgen in magazijnen die 's nachts niet toegankelijk zijn. Het zou dan ook te veel tijd kosten als de nachtdienst met haar beperkte mogelijkheden definitieve reparaties trachtte uit te voeren.

De verantwoordelijke onderhoudsmonteur dient te beschikken over een service-handleiding en alle schema's van het betreffende apparaat. Bij de instructie van de onderhoudsman moet aan de hand van deze gegevens verklaard worden hoe het apparaat werkt, wat de functie is van de diverse onderdelen, welke onderdelen bij het preventieve onderhoud gecontroleerd moeten worden en waarom. Hij zal dit natuurlijk zelf in de beschrijvingen kunnen lezen doch het is een algemeen bekend feit dat een mondelinge uiteenzetting sneller en effectiever werkt. Bovendien vergt het meer tijd wanneer de onderhoudsman zich al lezend een indruk moet vormen van de werking van het apparaat. Voor een goed inzicht is de mondelinge methode veel beter en de onderhoudsmonteur heeft dan ook meer zekerheid dat hij de werking begrepen heeft. Hij voelt zich daardoor ook zekerder wanneer er onverwacht een storing optreedt en zal niet het gevoel hebben op goed geluk te werken. In een extreem geval is het zelfs mogelijk dat een niet goed geïnstrueerde monteur bang wordt voor elektronische apparaten omdat hij het gevoel heeft er niet tegen opgewassen te zijn.

Dit alles kan vermeden worden door een goede instructie. Natuurlijk kunnen er ook dan nog wel storingen optreden die de onderhoudsmonteur niet kan opheffen, maar in die gevallen zal ook een des-

kundige gewoonlijk veel tijd nodig hebben om het raadsel op te lossen. Als deze nu begrip heeft voor de situatie en de onderhoudsman mee laat helpen bij het opsporen van de fout, geen eer opeist voor het vinden ervan enz. wordt het enthousiasme van de onderhoudsmonteur niet geblust. En dit enthousiasme is nodig bij het zoeken naar de oorzaken van fouten.

Bij het instrueren van de onderhoudsman doet men er goed aan te demonstreren welke gevolgen het defect raken van bepaalde onderdelen heeft. Natuurlijk geen gevolgen in de zin van doorgeslagen zekeringen of kortsluitingen, maar instabiliteit, oplopen van toeren-tallen van motoren, ongewenst genereren, het in werking treden van beveiligingen enz.

Hoewel het een algemeen erkende stelregel is, moet de onderhoudsmonteur er toch op gewezen worden dat hij nooit in een apparaat mag werken voordat hij de spanning heeft uitgeschakeld en de eventueel aanwezige condensatoren heeft ontladen.

Tot slot dient de onderhoudsmonteur geattendeerd te worden op het belang van het preventieve onderhoud van het apparaat. Ook al werkt het prima, toch dient hij op geregelde tijden het inwendige te inspecteren, met een oscillograaf of een ander meetinstrument de meetpunten na te lopen, stof en vuil weg te nemen enz. Hij kan aantekening houden wanneer de controle heeft plaats gehad, welke onregelmatigheden hierbij aan het licht zijn gekomen en welke onderdelen hij eventueel heeft uitgewisseld bij een storing. De aard van de storing, d.w.z. hoe het apparaat zich als gevolg van die storing gedroeg, moet eveneens vermeld worden. Dit kan van belang zijn wanneer zich later een soortgelijke storing voordoet; deze hoeft wel niet dezelfde oorzaak te hebben, doch de kans is groot dat met behulp van de aantekeningen de oorzaak van de fout sneller gevonden wordt.

Omdat wij later nog dieper zullen ingaan op het onderhoud van het apparaat zullen wij met de hierboven gegeven aanbevelingen volstaan.

Nazorg

De leverancier doet er goed aan zich zo nu en dan op de hoogte te

stellen van de ervaringen die de gebruiker met het apparaat heeft opgedaan. Dit geldt uiteraard alleen voor nieuwe typen apparaten. Wanneer deze enige tijd hebben gewerkt kan de leverancier zich door de gebruiker laten voorlichten over de zienswijze die deze heeft ten aanzien van bediening, betrouwbaarheid, etc. Misschien treden er bepaalde nevenverschijnselen op die bij nadere beschouwing toch hinderlijk zijn, misschien heeft het apparaat een bepaalde eigenschap die in de praktijk gemist had kunnen worden, etc. Een dergelijk contact met de gebruiker geeft de leverancier waardevolle informatie die hij met zijn constructiebureau kan uitwerken. Indien nodig moet de constructeur zelf de gebruiker bezoeken om beter op de hoogte te zijn van alle omstandigheden waaronder het apparaat gebruikt wordt. In de praktijk blijkt het dikwijls voor te komen dat een constructeur te weinig op de hoogte is van de omstandigheden waaronder het apparaat moet werken en van de eisen waaraan het in de praktijk moet voldoen. Maar al te veel laat men hem achter zijn tekenbord, alsof hij van daaruit alle gegevens kan verzamelen die voor het ontwikkelen van een goed apparaat nodig zijn.

Uit het regelmatig contact tussen leverancier en gebruiker kan de eerste ook leren welke fouten er aan het apparaat kleven, welke onderdelen er regelmatig defect raken en wat de oorzaak hiervan is. Zo zou kunnen blijken dat het betreffende onderdeel niet ruim genoeg is gedimensioneerd of dat bijv. de gebruiker het apparaat overbelast zonder het zelf te weten. In gemeenschappelijk overleg kan dan worden nagegaan welke maatregelen dienen te worden genomen.

Beide partijen zijn gebaat bij een goede en blijvende samenwerking, omdat ook beide belang hebben bij alle informatie die tijdens het praktische gebruik van het apparaat worden opgedaan.

DEEL II

WENKEN VOOR HET ONDERHOUD VAN ELECTRONISCHE APPARATUUR

HOOFDSTUK 6

DOEL VAN HET ONDERHOUD IN DE PRAKTIJK

Het doel van het onderhoudswerk dat aan een machine of electronisch apparaat wordt verricht, is het regelmatig functioneren ervan te bevorderen. Uit deze doelstelling volgt onmiddellijk de noodzaak van een regelmatig en effectief onderhoud ter bevordering van een ononderbroken productie. Slecht onderhoud en verwaarlozing van de apparatuur betekent stagnatie in het productieproces en in vele gevallen het verloren gaan van half-voltooiden producten.

Hoe is het in de praktijk gesteld met het onderhoud van machines en electronische apparatuur ?

Wie geen leek is op het gebied van het onderhoud van elektrische werkplaats- en fabrieksapparatuur, weet dat elektrische apparatuur over het algemeen anders wordt behandeld dan mechanische ; men kijkt er veel minder naar om. Machines worden regelmatig gepoetst, gesmeerd, ingevet en bijgesteld, ook al moet men zich nog zoveel moeite geven om tot het binnenwerk van de machine door te dringen.

Een elektrisch apparaat daarentegen, ook al behoort het bij dezelfde machine en al kan deze zonder dit elektrische apparaat niet eens werken, wordt bij de wekelijkse poetsbeurt hoogstens een keer aan de buitenkant afgestoft en daarmee is dan alle onderhoud afgelopen.

Hoe is het te verklaren dat elektrische bedrijfsapparatuur meestal zo stiefmoederlijk wordt bedield ?

De oorzaak hiervan is tweeledig. Allereerst is er een psychologische verklaring, namelijk dat de belangstelling van de mensen meer uitgaat naar bewegende dingen dan naar stilstaande. Als tweede oorzaak is daar het feit dat bij mechanische apparatuur eventuele storingen zich meestal van te voren aankondigen, bijv. door piepen, knarsen, abnor-

male warmteontwikkeling en andere onregelmatigheden. In elektrische apparatuur zijn toekomstige storingen meestal niet zonder meer waarneembaar, maar kunnen pas worden opgespoord met meetapparaten of door grondige visuele inspectie.

Wij zullen de bovengenoemde oorzaken iets nader beschouwen om te trachten er uit af te leiden hoe het onderhoud van elektronische apparatuur moet worden aangepakt.

Psychologische factoren

Het is een algemeen bekend feit dat de mens voor bewegende dingen meer aandacht heeft dan voor stilstaande. Stilstaande dingen worden al gauw als obstakels beschouwd en behandeld, en hoogstens geduld omdat men weet dat zij niet gemist kunnen worden.

Als een aantal mensen mag kiezen tussen een excursie naar een vaste rivierbrug of naar een textielfabriek, kiest de meerderheid beslist voor de fabriek, omdat men weet daar iets te zullen zien wat het oog boeit. Na werktijd — als alle getouwen stilstaan — is er niets interessants meer aan zo'n fabriek; de doodse stilte en de volkomen rust werken eerder beklemmend. Het interessante is gelegen in het voortdurend in beweging zijn van weeframen, spoelen etc. De keuze tussen een excursie naar een stilgelegde fabriek of naar een vaste rivierbrug zou waarschijnlijk ten gunste van de laatste uitvallen.

Hetzelfde verschil in appreciatie kan men waarnemen bij mechanische en elektronische apparatuur in een fabriek of werkplaats. Een machine is in beweging; wielen draaien, stangen en hefbomen bewegen op en neer, riemen en snaren flitsen rond hun schijven, en de zon of het kunstlicht weerkaatst op al deze bewegende delen. Dit alles boeit het oog en wekt als het ware vanzelf de belangstelling.

Een elektronisch apparaat daarentegen is opgesloten in een kast waarop alleen enige knoppen en misschien een paar controle-lampjes en meters te zien zijn. Wanneer het apparaat in werking is, lijkt het uiterlijk of er niets gebeurt en toch kan de activiteit er in enorm zijn; wisselstromen worden omgezet in gelijkstromen, een productieproces wordt automatisch geregeld, de gegevens, „waargenomen” door fotocellen, inductiespoelen of tachodynamo's worden verwerkt. Hiervoor worden gedurende kortere of langere tijd kleppen of kranen bediend,

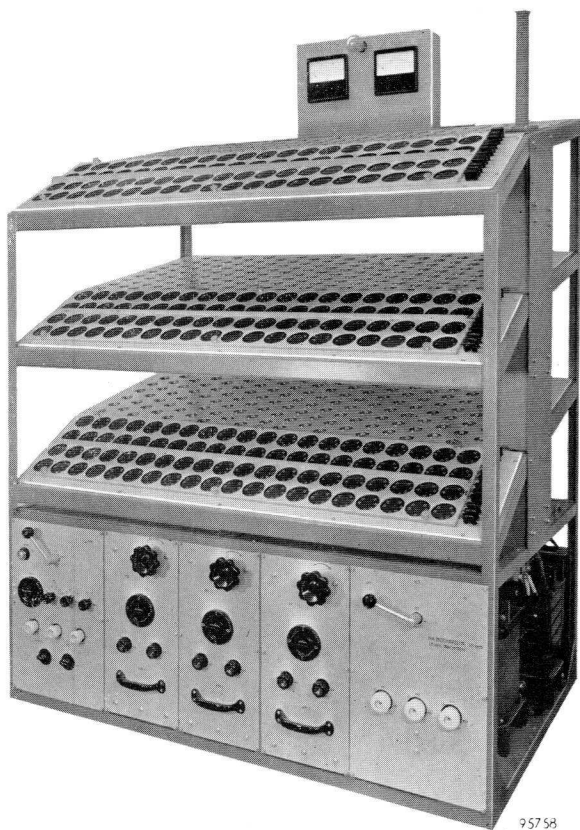


Foto 18. Bedieningspaneel onderaan.
Bescherming rechts afgenomen.

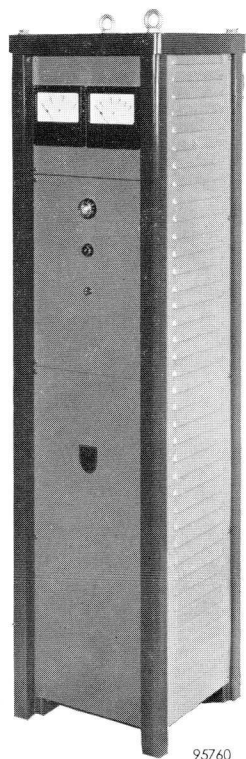
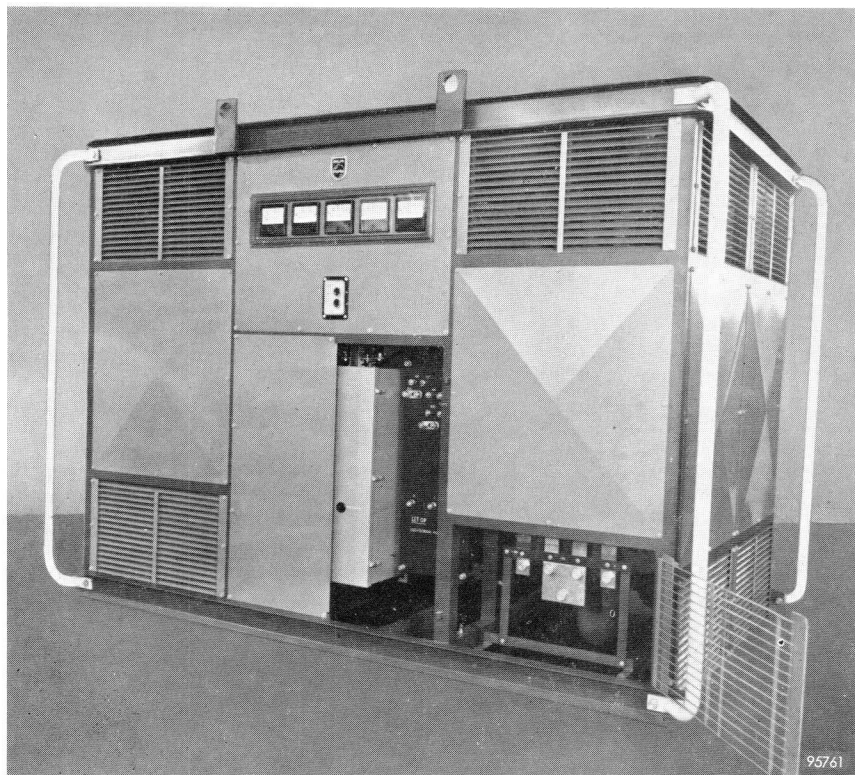


Foto 19. Slang apparaat voorzien van takelogen.



95761

Foto 20. Ventilatioorosters onder en boven. Stootstangen op de vier hoeken vergemakkelijken de plaatsing en voorkomen beschadiging. Het deksel is verhoogd, zodat warme lucht kan ontwijken.

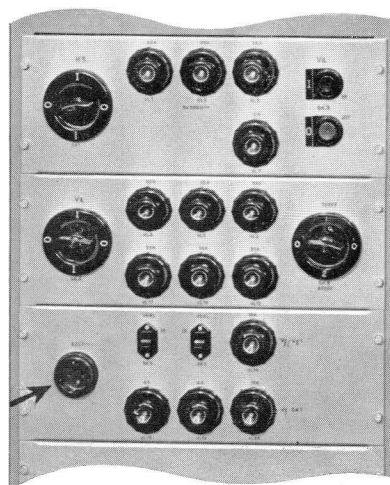


Foto 21. Een contactdoos met rand-aarde vereenvoudigt aansluiting van hulp-apparatuur voor controle en reparaties.

95762

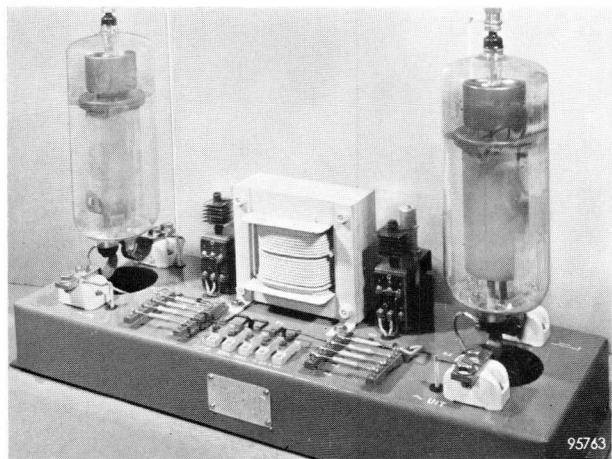


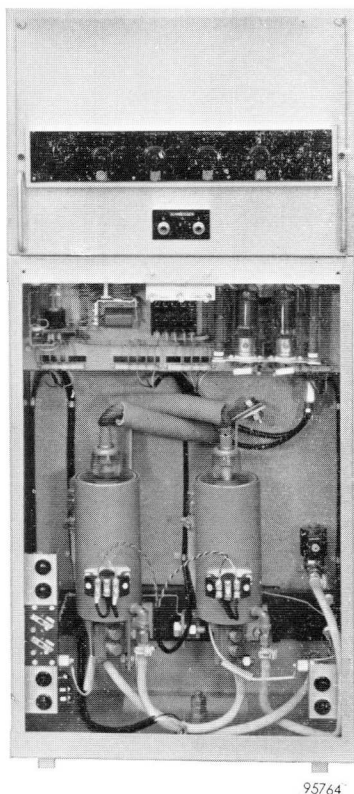
Foto 22.

Twee thyatrons
PL 255 staan op hun
vastgeklemden
gloeidraadbeugels.



Foto 23. Signaallamphouders. De ge-
bruiksaanwijzing (pag. 38)
is tevens als aftekenmal te
gebruiken.

Foto 24. De ruimte onder de ignitrons is
vrijgehouden en eventueel af-
druipend condensatievocht kan
geen ongewenste elektrische sto-
ringen tengevolge hebben.



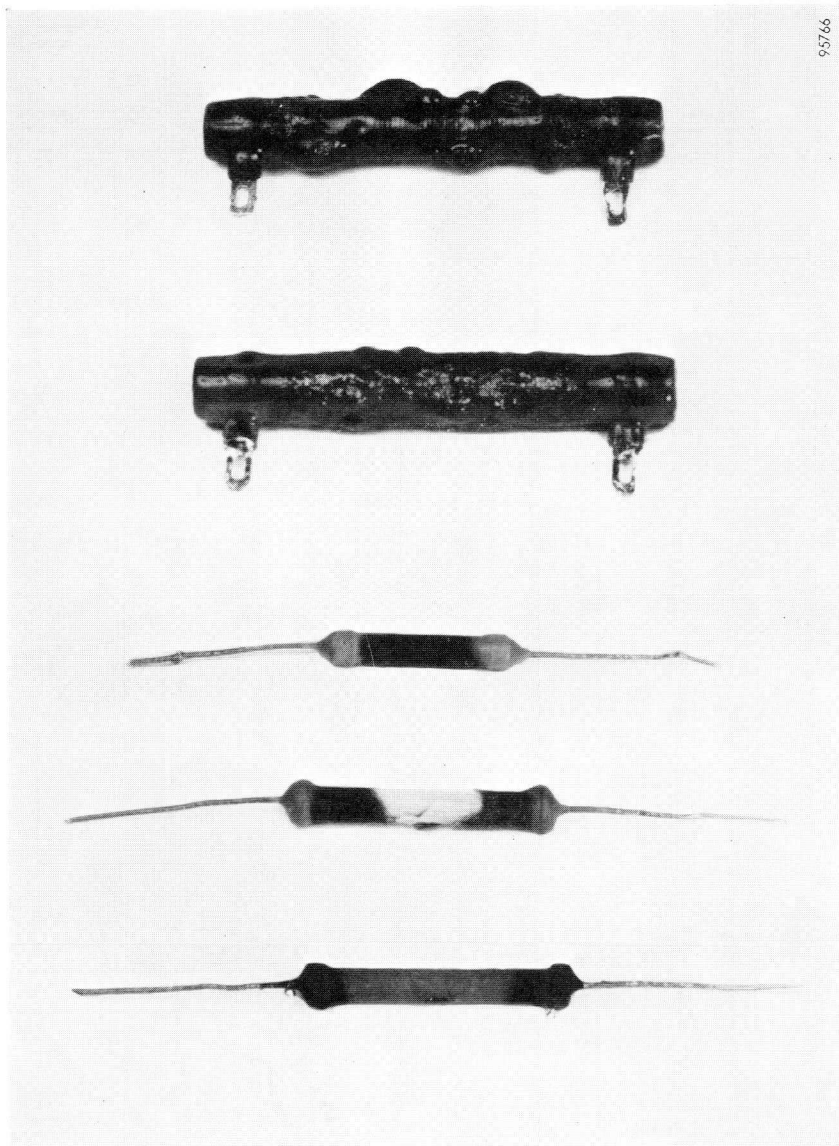


Foto 25. Geëmailleerde draadweerstand die zwaar zijn overbelast, met eronder enkele „verkoolde” koolweerstanden.

stroom, spanning, toerental of temperatuur geregeld etc. Dit alles kan in één apparaat plaats vinden zonder dat men iets anders ziet dan het schommelen van de wijzers van meetinstrumenten, het flinkeren van een controlelampje of het oplichten van een paar met gas gevulde electronenbuizen.

Er heerst in het apparaat een drukte als in een bijenkorf, maar het signaal dat door de draden naar de electroden van een electronenbuis wordt gevoerd, doet die draden niet van kleur veranderen, noch heen en weer bewegen, noch piepen of knarsen. Het electronisch apparaat doet zijn plicht snel en accuraat, maar volkomen geluidloos.

Het verschil in waardering voor mechanische en electronische apparatuur komt tot uiting in de zorg die er aan besteed wordt. Zoals reeds eerder gezegd, worden machines op hun wenken bediend en krijgen een onderhoud volgens een vast schema. Bepaalde punten worden om de paar uur geolied, andere dagelijks of wekelijks. Soms heeft men zelfs aparte smeerders die alle machines in het bedrijf regelmatig voorzien van olie en vet en op een wagentje de olie- en vetsoorten, die de verschillende smeerpunten vereisen, bij de hand hebben.

De zorg voor electronische apparatuur wordt getypeerd door de plaats die men er voor uitzoekt. Meestal is die zo gekozen, dat men er zo weinig mogelijk last van heeft. In een hoek of aan de kant, want met behulp van kabels en snoeren is het immers mogelijk het apparaat op afstand te bedienen. Een dergelijke opstelling draagt er op zijn beurt weer niet toe bij dat men veel aandacht aan het apparaat schenkt. De zorg waarmee men het omringt beperkt zich tot het vrijwaren tegen een onzachte aanraking door mensen of zware voorwerpen, en deze zorg is éénmaal besteed : namelijk bij het uitzoeken van een plaatsje achteraf.

Het stille apparaat

Een tweede verklaring van het verschil in onderhoud tussen mechanische en electronische apparatuur hangt nauw samen met bovengenoemde psychologische factoren.

Een machine beweegt en maakt bovendien geluid, soms zelfs meer dan aangenaam is. Hieruit volgt dat eventuele fouten onmiddellijk gezien of gehoord worden : het geproduceerde lawaai wordt anders,

het tempo of het ritme verandert, er treden abnormale trillingen op, enzovoort. Onze zintuigen nemen deze veranderingen gemakkelijk waar. Een automobilist hoort, na enige tijd gereden te hebben, niet meer dat zijn motor loopt, maar zodra er bijgeluiden optreden, zoals pingelen of kloppen, valt hem dat op, ofschoon de sterkte van deze bijgeluiden beneden het niveau van het motorlawaaï ligt. Hoorbare afwijkingen leiden ertoe dat direct wordt ingegrepen. Op deze wijze worden ernstige storingen voorkomen. Het opheffen van piepen en knarsen is dus een vorm van preventief onderhoud zonder dat men zich dit realiseert. Ten onrechte wordt dan de conclusie getrokken dat mechanische apparatuur betrouwbaarder is dan elektronische omdat in de laatste storingen „plotseling” optreden.¹⁾

Bij elektrische en elektronische apparatuur treden geen geluiden op. Onregelmatigheden die nog niet direct een ernstige vorm hebben aangenomen, waarschuwen ons niet via onze zintuigen dat er in de toekomst iets mis zal gaan wanneer er nú niet ingegrepen wordt. Het gevolg is dikwijls dat men kleine afwijkingen laat uitgroeien tot storingen die de apparatuur buiten bedrijf stellen omdat zij zich niet eerder hebben aangekondigd.

Dit alles tezamen vormt de basis voor het plotseling optreden van storingen en is tevens het uitgangspunt voor het bepalen van de methode die gevolgd moet worden voor het onderhoud van deze apparatuur. Alvorens de methode van onderhoud te bespreken, zullen wij in het volgende hoofdstuk iets zeggen over de kwaliteiten van de onderhoudsmensen zelf en hun verhouding tot al diegenen die zich met het fabricageproces bezig houden.

¹⁾ Als een auto 100 000 km gereden heeft, is hij in de meeste gevallen zeker aan grondige revisie toe. Tijdens deze 100 000 km is hij ongeveer 40 maal doorgesmeerd en van nieuwe olie voorzien. Bovendien zal geen enkele automobilist zich erover beklagen als hij in deze tijd verschillende kleine en misschien één of meer grote reparaties heeft moeten laten verrichten. Toch betekenen deze 100 000 km bij een gemiddelde rijsnelheid van 40 km per uur, een totale rijtijd van slechts 2500 uur. Zou men bij een elektronisch apparaat dat 2500 uur gewerkt heeft, ook zoveel zorg aan het onderhoud hebben besteed en ook verschillende reparaties hebben geaccepteerd?

HOOFDSTUK 7

ONDERHOUD

Onderhoudsdienst

Op welke wijze is het mogelijk het werk van de onderhoudsdienst zo effectief en gemakkelijk mogelijk te maken?

De dienst moet, om haar taak goed te kunnen verrichten, allereerst beschikken over mensen en middelen. De mensen dienen bezielde te zijn met enthousiasme voor hun werk en moeten hun zintuigen weten te gebruiken wanneer ze de oorzaak van onregelmatigheden moeten opsporen. Hierbij mogen zij zich niet van de wijs laten brengen door bazen of afdelingschefs die tijdens een ongewenst oponthoud menen zich te moeten bemoeien met het werk van de onderhoudsmonteurs en van oordeel zijn dat het vinden van de fout vlugger moet en kan gebeuren. De onderhoudsmensen moeten rustig hun gang kunnen gaan want het zoeken naar fouten in elektrische en elektronische apparatuur is nu eenmaal bijna altijd meer hersenwerk dan handenarbeid. Vijf minuten denken over de oorzaken die een bepaald abnormaal gedrag van het apparaat teweeg kunnen brengen, zijn beter besteed dan een kwartier onnodig doormeten en verwisselen van onderdelen, ook al lijkt het dat er in die vijf minuten niets gebeurt. Over de vereiste technische kwaliteiten van een goede onderhoudsmonteur zal in één van de volgende hoofdstukken nog worden gesproken.

Behalve dat er enthousiasme gevraagd wordt van de onderhoudsmensen zelf, is het evenzeer nodig dat de bedrijfsleiding van inzicht is dat goed onderhoud tijd vergt en dat de werkzaamheid „onderhoud” een deel is van de normale bezigheid van het apparaat. Gedurende de tijd die aan onderhoud wordt besteed geeft het apparaat niet iets, maar het ontvangt iets waar het recht op heeft, namelijk verzorging, zoals mens en dier ook tijd moeten hebben voor eten en drinken. De tijd die nodig is voor het onderhoud moet natuurlijk in de planning van de machinebezetting worden opgenomen.

Of dagelijks, wekelijks ofwel maandelijks een onderhoudsbeurt ge-

geven moet worden is in het algemeen niet te zeggen. Dit hangt natuurlijk sterk af van de soort apparatuur, de belangrijkheid van de functie ervan in het productieproces, de invloed van de omgeving op het apparaat, de wijze van belasten en meer dergelijke factoren. Uiteraard speelt de ervaring ook een rol bij het bepalen van de termijnen. Men kan het elektrische onderhoud laten samenvallen met het onderhoudswerk aan de mechanische delen van een machine.

Het behoort tot de taak van de bedrijfsleiding de samenwerking tussen de onderhoudsdienst en de productie- en planningafdeling te stimuleren. Dit werpt in het bijzonder zijn vruchten af, wanneer men van plan is het apparaat op een andere wijze te gebruiken dan voorheen; men dient elkaar dan over en weer in te lichten omtrent de mogelijkheden van het apparaat en de gevolgen van de verandering op de werking van het apparaat en het productieproces.

Een goede verstandhouding tussen de fabrieksleiding en de onderhoudsdienst zal er toe leiden dat de laatste onmiddellijk gewaarschuwd wordt als er iets niet meer functioneert zoals het behoort, ook al is het maar een „inzinking” van voorbijgaande aard. Zij kan hieruit conclusies trekken voor de te volgen gedragslijn en voorkomen dat de „inzinking” tot een volledige storing uitgroeit.

Eén van de eerste taken van de onderhoudsdienst — tezamen met de bedrijfsleiding — zal zijn, om ieder die met elektronische apparaten in aanraking komt, er van te overtuigen dat dergelijke apparaten, ook al bewegen ze niet, toch bergen werk verzetten en uit dien hoofde aan slijtage onderhevig zijn en onderhoud verdienen. Het kan eventueel nuttig zijn alle hiervoor in aanmerking komende mensen een vluchtige uiteenzetting te geven van het doel en de werking van het apparaat.

Preventief onderhoud

Storingen kunnen vaak worden voorkomen door een regelmatig plaats vindende controle van het apparaat. Inspectie brengt voor het oog waarneembare afwijkingen in het inwendige aan het licht. Deze afwijkingen veroorzaken nog geen storingen, maar zullen dit wel gaan doen als de bestaande situatie blijft voortduren. Het doel van het

preventieve onderhoud is, deze afwijkingen tijdig te onderkennen en op te heffen.

Hieronder volgen enige praktische punten die voor dergelijke periodieke inspecties van belang zijn.

Voordat de kast waarin het apparaat is opgeborgen, wordt open-gemaakt, moet de hoofdschakelaar worden uitgeschakeld en moeten eventuele zekeringen uit de houders genomen en in de zak gestoken worden. Men voorkomt op deze wijze dat iemand anders de schakelaar weer inzet, terwijl de onderhoudsman bezig is. **Verder moeten alle condensatoren worden ontladen** voordat met de controle wordt begonnen.

Bij de periodieke controles moet worden gelet op de volgende punten:

a) Stof en vuil — Ondanks de meest nauwgezette voorzorgen komt er altijd stof in een apparaat. Elk apparaat ademt namelijk : overdag is het warm en zet de lucht die er in opgesloten is, uit, terwijl de overtollige lucht door één of andere opening naar buiten wordt gedrongen. 's Nachts is het apparaat uitgeschakeld en koelt het af met het gevolg dat de hoeveelheid lucht van buitenaf moet worden aangevuld en daarbij worden stofdeeltjes meegenomen. Men zou alles luchtdicht moeten afsluiten om dit ademen te voorkomen, en zo dit al mogelijk is, dan zijn daaraan toch ook bezwaren verbonden (warmteafvoer etc.).

Meestal wordt een apparaat voorzien van ventilatie-openingen om de warmte af te voeren. Deze afvoer komt tot stand doordat koude lucht, die van onderen in het apparaat komt, de warmte van electro-nenbuizen, weerstanden en transformatoren overneemt en dan als warme lucht aan de bovenzijde ontwijkt. Hierbij wordt natuurlijk ook zwevend stof mee naar binnen gezogen en een gedeelte van dit stof blijft in het apparaat achter. Is het apparaat ook aan de zijkanten open, dat wil zeggen, heeft het geperforeerde wanden, dan komt er nog meer stof naar binnen. Het vormt een dikke grijze laag en als het lang duurt voor het weggenomen wordt, lijkt het een grijze wol-len deken die over alle onderdelen is uitgespreid. Een blik in het inwendige van uw radiotoestel zal u van de juistheid van het bovenstaande overtuigen.

Zolang het stof droog blijft, zou het vanuit electrisch standpunt bekeken geen ernstige gevolgen hebben omdat het niet geleidend is. De dikke stoflaag werkt echter tevens als warmte-isolatie en dat heeft slechte warmte-afgifte en te hoge temperaturen van onderdelen tot gevolg. De temperatuur kan zo hoog oplopen dat zelfontbranding van het stof optreedt en het apparaat uitbrandt.

Wordt het stof vochtig, dan treden lekstromen op en het kan kostbare uren vergen voordat men precies weet waarom een apparaat plotseling zo wispelturig geworden is. Het ene ogenblik werkt het prima en een ogenblik later is het mis. Dit zijn voor een onderhoudsman de onaangenaamste storingen die kunnen optreden, omdat er zoveel tijd nodig is voor het opsporen ervan. Als het apparaat door onverklaarbare oorzaken weer goed functioneert, is er niets abnormaals meer te meten.

Behalve stof kan er ook vuil in het apparaat terecht komen. Weliswaar is stof ook vuil, maar onder vuil wordt in dit verband verstaan : kalk van plafonds en muren, boorsel, schaafsel, zaagsel, stukken draad enz. Eigenlijk moet men voorkomen, dat dit alles in het apparaat terecht kan komen, maar als geforceerde koeling wordt toegepast, is het soms niet te vermijden. Dit vuil kan nog veel meer narigheid veroorzaken dan stof, vooral als het metaaldeeltjes bevat. Behalve dat aandacht moet worden besteed aan de koeling, perforatie van de wanden en stofwering, dient men er op te letten dat niet-gebruikte doorvoeropeningen in de wanden van het apparaat worden dichtgemaakt. Hierdoor komen behalve stof en vuil soms ook muizen en ander ongedierte naar binnen die door aanraking met onderdelen die onder spanning staan, geëlectrocuteerd worden met alle onaangename gevolgen van dien.

b) Zichtbare afwijkingen — Als alle stof en vuil uit het apparaat verwijderd is, komt de volgende fase van het preventieve onderhoud aan de beurt. Hiermede worden bedoeld: losgewerkte verbindingen, gebroken aansluitlippen of draden, of zelfs onderdelen. In apparatuur die onderhevig is aan trillingen, kunnen gemakkelijk vermoeidheidsbreuken in draden e.d. ontstaan. Deze trillingen kunnen worden voorkomen of verminderd door het aanbrengen van rubber schokdempers.

Soms kan men volstaan met een zodanige ondersteuning van een draad of draadbundel dat de eigen frequentie ervan verandert en er geen trillingen met grote amplitudes meer optreden.

Verder moet bij de inspectie worden gelet op verkleuringen van onderdelen. Het kan zijn dat water of chemische vloeistoffen in het apparaat terecht zijn gekomen en onderdelen hebben aangetast. Dit kan isolatiefouten, slechte contacten of zelfs onderbrekingen en kortsluitingen veroorzaken, misschien niet direct maar zeker op de lange duur. De aangetaste onderdelen moeten worden vervangen of schoongemaakt. Elektrische of elektronische apparatuur heeft het voordeel dat zij in een ander vertrek kan worden opgesteld, als het niet te vermijden is dat vocht en chemische dampen in het apparaat komen. Via draden en kabels kan zulke apparatuur dan van het werkvertrek worden bediend en daar haar functie verrichten.

Bevat een apparaat watergekoelde elektronenbuizen, zoals zendbuizen of ignitrons, dan kan men op warme zomerdagen condensatievocht op deze buizen verwachten. De lage temperatuur die deze buizen door de koeling hebben, ligt dan beneden het dauwpunt en condensatie van waterdamp is het gevolg. Dit vocht druipt misschien op andere onderdelen die onder de buis zijn opgesteld. Bij de constructie van het apparaat had men hiermede rekening moeten houden. Foto 24 geeft een voorbeeld van een zodanige opstelling van onderdelen dat het druipen geen last veroorzaakt voor andere onderdelen. Men heeft de watergekoelde buizen zo laag mogelijk in het apparaat gemonteerd en er geen onderdelen onder geplaatst.

Vervolgens worden weerstanden, condensatoren, transformatoren etc. bekeken. Een verkleuring van een weerstand (foto 25) kan een aanwijzing zijn dat dit onderdeel te zwaar belast is of werd. Uit dooscondensatoren kan vaseline of olie gelekt zijn, die verwijderd moet worden omdat stof en vuil er in blijven kleven. Men doet er overigens beter aan een dergelijke condensator te vervangen.

Aan transformatoren en smoorspoelen die gecompoundeerd zijn, hangen soms slierten of druppels compound die eruit gelopen zijn door een overbelasting. Wanneer de overbelasting zeer groot geweest is, is de isolatie verkoold of donker verkleurd.

Klemmen of draden die slecht contact maken zijn verkleurd tengevolge

van de warmteontwikkeling die het slechte contact veroorzaakt. Contacten van relais of electromagnetische schakelaars kunnen in brandplekken vertonen en moeten bijgevoild worden met een zoetviltje. Bij de inspectie kunnen de electronenbuizen rustig in hun houders blijven. Het apparaat werkt nog normaal en we mogen dus verwachten dat deze buizen niets mankeert. Helaas zijn de buizen meestal de enige onderdelen in een apparaat die van pennen en afneembare kapjes zijn voorzien en dus gemakkelijk uit hun houders zijn te nemen. De verleiding is groot om van die mogelijkheid eens — zij het volkomen overbodig — gebruik te maken. Het feit dat de buis gemakkelijk uit de houder kan worden genomen kan goed van pas komen wanneer hij werkelijk defect is. Een leek is dan in staat er een nieuw exemplaar voor in de plaats te zetten. Zolang het apparaat echter nog goed werkt, is er geen enkele reden om buizen uit hun houders te halen. Door onhandigheid bij het uitnemen en weer inzetten sneuvelen onnodig heel wat buizen, waarvan men nog jaren plezier had kunnen hebben.

De mogelijkheid om electronenbuizen snel te vervangen stamt nog uit de begintijd, toen men meende dat electronenbuizen toch eigenlijk de meest kwetsbare onderdelen in een radioapparaat waren. Deze gedachte was echter niet juist want de kwaliteit van de andere onderdelen was destijds van dezelfde orde. In de loop der jaren is de kwaliteit zowel van de buizen als van de onderdelen aanzienlijk verbeterd en men zou tegenwoordig electronenbuizen van klemschroeven of draadaansluitingen kunnen voorzien om ze op dezelfde wijze als transformatoren, condensatoren en weerstanden vast op te stellen. In bepaalde gevallen gebeurt dit reeds zoals uit foto 22 blijkt. In deze figuur is een apparaat weergegeven met twee thyratrons waarvan de electrodenaansluitingen met klemschroeven zijn vastgezet.

Dat men electronenbuizen nog steeds met pennen uitrust, houdt o.a. verband met het feit dat tijdens het fabricageproces telkens verschillende spanningen aan de elektroden moeten worden toegevoerd om de buis te meten en te controleren alvorens ze de fabriek verlaat. Een pennenconstructie is dan natuurlijk veel gemakkelijker dan een uitvoering met draden of klemschroeven.

Er is de laatste jaren een tendens merkbaar om ook andere onderdelen dan buizen van een pennenvoet te voorzien om in staat te zijn dat

onderdeel snel te vervangen. Electrolytische condensatoren, relais, transformatortjes of zelfs complete delen van een schakeling worden op buisvoetjes gemonteerd zoals in foto 27 a en b is weergegeven.

Na dit zijspoor keren we terug tot de visuele controle van nog enige andere mechanisch-electrische onderdelen die in een apparaat kunnen voorkomen, zoals bijv. potentiometers en schakelaars.

Potentiometers hebben sleepcontacten en bij intensief gebruik van een draadgewonden potentiometer slijt de weerstandsdraad op den duur door. In dat geval is het uiteraard noodzakelijk de potentiometer te vervangen door een nieuw exemplaar, maar men voorkomt moeilijkheden door dit te doen als de draad nog heel, doch erg afgesleten is. Misschien is het nodig de assen van de potentiometers enigszins te smeren met een druppel olie. Hiervan mag men niet teveel gebruiken, want in de overvloedige olie blijft stof kleven.

Apparaten met watergekoelde buizen zijn meestal voorzien van beveiligingsschakelaars die het apparaat uitschakelen als de waterafvoer stopt. De werking van deze schakelaars moet worden gecontroleerd: ze mogen niet blijven hangen en het leidingsysteem mag niet verstopt zijn of bijna dichtgegroeid met ketelsteen, waardoor er geen of te weinig water doorstroomt. Eveneens moet worden nagegaan of zich ketelsteen of roest heeft afgezet in de koelmantels van zendbuizen en ignitrons, waardoor het warmtetransport van de buis naar het water wordt verhinderd met als gevolg het vroegtijdig defect raken van de buis. Men mag er niet van uitgaan dat er nog condensatievocht op de buitenmantel neerslaat en dat dus alles in orde is. De hoeveelheid warmte die van binnenuit naar het water moet worden doorgegeven is namelijk veel groter dan de geringe hoeveelheid warmte die vrijkomt bij het neerslaan van condensatievocht aan de buitenkant.

Ook de aansluitnippels van de waterslangen moeten worden nagekeken. Deze worden soms electrolytisch verteerd omdat er spanning tussen de koelmantel en het waterleidingnet staat. De slangen moeten een behoorlijke lengte hebben zodat de corrosiestroomsterkte klein blijft; z.g. „corrosie-targets” kunnen aantasting van de nippels voorkomen.

Bij luchtgekoelde apparaten bestaat de mogelijkheid dat het luchtfilter

verstopt is. Men moet deze filters daarom geregeld controleren en zo nu en dan schoonmaken of vervangen door nieuwe.

c) Tot dusver kon door directe zintuiglijke waarnemingen een afwijking worden geconstateerd en het zou dus mogelijk zijn deze inspectie door leken te laten verrichten. Vakkennis wordt er niet voor gevraagd, alleen opmerkzaamheid. Voor de volgende fase van het preventieve onderhoud moet de **electrische** toestand van het apparaat worden geïnspecteerd, maar electrische grootheden zijn niet direct zintuiglijk waarneembaar. Weliswaar zijn electrische stromen voelbaar, maar een inspectiemethode kan toch niet berusten op een waarneming van deze soort. Gelukkig bestaan er instrumenten waarmee electrische verschijnselen kunnen worden omgezet in andere verschijnselen die wel zintuiglijk waarneembaar zijn.

Instrumenten

Het is nuttig om de instrumenten die voor onderhoudsmetingen worden gebruikt, de revue te laten passeren.

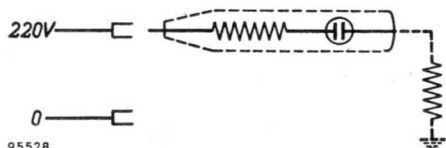
1. Spanningzoeker

Tot deze instrumenten behoort allereerst de spanningzoeker (foto 28); een geschikt apparaatje om na te gaan of een bepaald punt van de schakeling een spanning voert t.o.v. aarde. In een zak-schroevendraaier is een neonlampje aangebracht waarmee een grote weerstand in serie is geschakeld (fig. 9). Wanneer met dit instrument een contact of draad wordt aangeraakt met een potentiaal van meer dan 90 V t.o.v. aarde, loopt er een uiterst klein stroompje door het neonlampje, de serieweerstand en het lichaam naar aarde. Het neonlampje gaat door dit kleine stroompje branden en geeft aan dat een spanning van minstens 90 V aanwezig is. Aan het feit dat één of beide elektroden oplichten, kan men vaststellen of men met een gelijkspanning, resp. een wisselspanning te maken heeft. Spanningzoekers zijn te gebruiken tot een spanning van ongeveer 500 V; de stroom door het lichaam is dan nog nauwelijks merkbaar en in elk geval ongevaarlijk.

De kleine stroom die het apparaatje nodig heeft, is zowel een voor- als een nadeel. Een voordeel is dat men weinig energie onttrekt aan de spanningsbron en dus ook nog achter een vrij hoge weerstand kan meten. Een nadeel is dat geïsoleerde stukken draad ook onder spanning

schijnen te staan tengevolge van isolatielek of de capaciteit t.o.v. naburige, onder spanning staande onderdelen of leidingen.

Fig. 9.



De spanningzoeker in schroevendraaiervorm bestaat uit een klein neonlampje met een weerstand van 0,5 tot 1 megohm in serie geschakeld.

Raakt men met de punt van de schroevendraaier een punt aan dat spanning van minstens 90 volt heeft t.o.v. aarde, terwijl een vinger tegen het buisje aan het boven-einde van de schroevendraaier wordt gedrukt, dan gaat het neonlampje branden. Het lichaam staat voor het uiterst kleine stroompje dat gaat vloeien, in voldoende verbinding met de aarde, d.w.z. dat de weerstand van het lichaam klein is vergeleken met de ingebouwde serieweerstand. Het stroompje dat door spanningzoeker en het lichaam loopt is zó klein dat men het niet bemerkt of er hoogstens een heel lichte prikkeling in de vinger van ondervindt.

Een grotere uitvoering van de spanningzoeker (foto 29) heeft een snoer met een meetpen; men kan hiermede de spanning tussen twee punten controleren. De meetstroom wordt niet door het lichaam afgevoerd, omdat zij ontoelaatbaar groot is. De grotere stroom voorkomt dat er spanningen gemeten worden die het gevolg zijn van capaciteiten of isolatielek, maar zij maakt het onmogelijk spanningen te meten achter een hoge weerstand.

2. Proeflamp

Het tweede controle-instrument is een proeflamp die in principe gelijkt op de grote spanningzoeker. De neonlamp is hier echter vervangen door een gloeilampje. De serieweerstand is aanzienlijk kleiner. De fouten van de neon-spanningzoekers kleven er zodoende niet aan, het voordeel is echter ook zo goed als verdwenen (zie fig. 10). Toch is dit een nuttig apparaat om te controleren of zekeringen heel zijn en bepaalde punten van de schakeling onder spanning staan. Vrijwel elke electriciën heeft daarom in zijn gereedschapskist een proeflamp, doch helaas maar al te vaak een slechte d.w.z. één zonder voorgeschakelde weerstand. Wanneer met een dergelijke lamp een spanning wordt gemeten die hoger is dan waarvoor zij gemaakt is, kan een hevige kortsluiting ontstaan.

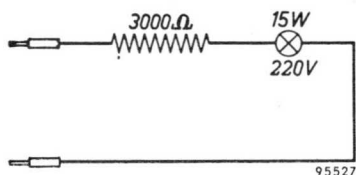


Fig. 10. Proeflamp

In serie met een gloeilamp van 220 volt en 15 watt is een draadgewonden weerstand van 3000 ohms geschakeld. Met deze proeflamp kan veilig gemeten worden in netten met spanningen van 380 en 440 volt.

3. Doormeetapparaatje

In het werkplaatsjargon heeft dit instrument allerlei namen gekregen, zoals „poes”, „zoemer”, „bel”, etc., en men spreekt van „doorpoesen” en „doorbellen”. Hiermee wordt bedoeld het controleren of een galvanische verbinding met weinig weerstand aanwezig is tussen twee punten. Het apparaat bestaat uit een spanningsbron, een indicatie-instrument en een paar draden (fig. 11 en 12). Als de draden contact maken wordt dit door het indicatie-instrument aangegeven. Als spanningsbron wordt een zaklantaarnbatterij of een scheltransformator gebruikt; de spanning is dus ongevaarlijk. Als indicatie-instrument kan een eenvoudige voltmeter, elektrische bel, zoemer of fietslampje dienen.

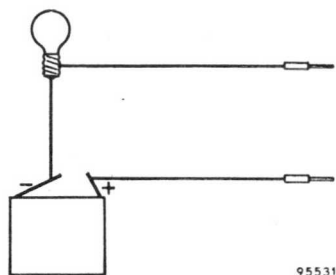


Fig. 11. Doormeetapparaat.
Een fietslampje in serie met een energiebron en twee proefdraden vormt een eenvoudig en doelmatig apparaatje om verbindingen te proberen, dradenbundels te splitsen enz.

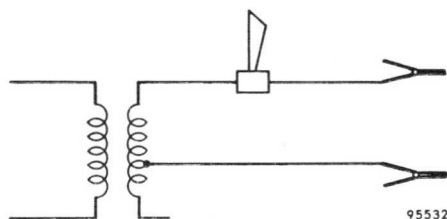


Fig. 12. Doormeetapparaat met zoemer.
Een transformator of batterij met een claxon of een zoemer in serie geschakeld is ook heel geschikt als doormeetapparaat. Deze opstelling heeft het voordeel dat de claxon of zoemer niet meer werkt als enkele ohms weerstand tussen de meetdraden aanwezig zijn. Het meldt dus: „geen doorverbinding” wanneer tussen de proefdraden een (niet te zware!) transformatorwikkling is aangesloten. Een fietslampje zou in dit geval waarschijnlijk nog wel branden.

Het gebruik van een voltmeter heeft het voordeel dat men de schaal zonodig in ohms kan iken. Wanneer de ingangsspanning zo groot is dat de meterwijzer tot het eind van de schaal uitslaat als de meetdraden contact met elkaar maken, komt een wijzeruitslag tot de helft van de schaal overeen met een uitwendige weerstand die gelijk is aan de weerstand van de voltmeter. Voltmeters hebben relatief grote weerstanden en voor het meten van enkele duizenden ohms is deze methode nauwkeurig genoeg voor de metingen van de onderhoudsman. Het gaat immers meestal om een controle op het heel of kapot zijn van een weerstand en niet om de ijking ervan; ofwel het apparaatje wordt gebruikt om, door het meten van de weerstandswaarde, vast te stellen welke weerstand van het schema men in de bedrading te pakken heeft. Een vrij grove meting is dan al gauw goed genoeg. De hoge inwendige weerstand van het testapparaatje met voltmeter is echter een nadeel wanneer men in de bedrading wil vaststellen of tussen twee punten een directe verbinding bestaat. In dat geval dient de inwendige weerstand laag te zijn en zijn zoemers en bellen de aangewezen instrumenten omdat deze een inwendige weerstand van slechts enkele ohms hebben. Met een voltmeter zou men onmogelijk kunnen bepalen of tussen de meetpunten een directe verbinding bestaat ofwel dat zij zijn verbonden via een transformatorwikkeling met een weerstand van bijv. 30 ohm. Een bel of zoemer zwijgt in het laatste geval alsof men met een volkomen isolatie te maken heeft.

4. Stroom-, spannings- en weerstandsmeters

Voor de meeste onderhoudsmetingen kan worden volstaan met een gecombineerde stroom-spanningsmeter. Deze instrumenten zijn in allerlei uitvoeringen in de handel (foto 30). Ze hebben een totaal meetbereik voor stromen van ongeveer 1 mA tot 10 A en een totaal spanningsbereik van ongeveer 0,1 V tot 1000 V, onderverdeeld in een aantal bereiken die met een kiesschakelaar of een aantal stekers en contactbussen ingesteld kunnen worden.

Het instrument moet zowel voor gelijk- als wisselspanning gebruikt kunnen worden. Meetinstrumenten met losse hulpstukken zoals shunt-

of serieweerstanden zijn lastig in het gebruik want op het critieke moment is natuurlijk net één van de hulpstukken zoek en uitgerekend dat wat men nodig heeft. Tegenwoordig zijn de shunt- en serieweerstanden meestal ingebouwd in het meetinstrument.

Gelijkspanningsmeters dienen een hoge inwendige weerstand te hebben zodat de stroom door de meter bij volle uitslag hoogstens één mA bedraagt. Bij meters met een lage inwendige weerstand beïnvloedt deze de werkelijke waarde van de te meten spanning in de schakeling. Voor het meten van sterke wisselstromen moeten stroomtransformatoren of ampèretangen te hulp geroepen worden. Als men echter dikwijls grote stromen van ongeveer dezelfde waarde moet meten is natuurlijk een (goedkopere) ampèremeter voor dat meetbereik de beste oplossing.

Weekijzermeters dienen gebruikt te worden voor het meten van de effectieve waarde van wisselstromen of pulserende gelijkstromen. De verschillen in eigenschappen tussen weekijzermeters en draaispoelmeters moeten goed in het oog worden gehouden.

Voor het meten van hoge spanningen zijn grote voorschakelweerstand of spanningstransformatoren nodig ; de laatste natuurlijk alleen voor wisselspanningen. Bij spanningen boven 1000 V is het aan te bevelen met twee personen te werken en zich in een bepaald geval eerst af te vragen of het eigenlijk wel nodig is door directe spanningsmeting vast te stellen of een dergelijke hoge spanning aanwezig is. Meestal blijkt wel uit andere verschijnselen of de spanning al dan niet aanwezig is. Het onderhouden van welke apparatuur dan ook mag mensenlevens niet onnodig in gevaar brengen en het meten van hoge spanningen, waarbij het meetapparaat dan dikwijls provisorisch geïsoleerd wordt en met een paar snoertjes wordt aangesloten, kan gevaar opleveren. Het spreekt vanzelf dat wanneer een meting noodzakelijk is, men het meetinstrument aansluit in het spanningsloze apparaat en daarna pas inschakelt.

Voor metingen tot ongeveer 1000 V zijn een stel testpennen aan de snoertjes van het meetinstrument onontbeerlijk omdat men hiermee vrijwel elk punt in een apparaat kan bereiken terwijl dit onder spanning staat, zonder dat het nodig is een blanke draad of klem aan te raken. Bepaalde elektronische apparaten bevatten schakelingen met zeer

hoge weerstanden en het is onmogelijk een gewone draaispoelmeter te gebruiken voor het meten van spanningen achter een dergelijke hoge weerstand. De grote stroom die door de meter gaat doet de spanning dan dalen tot een waarde die volkomen verkeerde conclusies veroorzaakt. In dergelijke schakelingen moeten spanningsmetingen gedaan worden met buisvoltmeters (foto 31). Deze elektronische voltmeters hebben een ingangsweerstand in de orde van grootte van tientallen megohms. Een nadeel van dergelijke meters is het feit dat een netaansluiting vereist wordt en dat men gewoonlijk alleen de spanning t.o.v. aarde kan meten, zodat men optel- en aftreksommetjes moet maken om het spanningsverschil tussen bepaalde punten in de schakeling te weten te komen.

Een weerstandsmeetapparaat, kortweg „ohmmeter” genoemd is nodig voor het meten van weerstanden tussen 100 Ω en 10 M Ω . Dit zijn natuurlijk geen absoluut vaststaande grenzen, zij geven alleen de orde van grootte aan van de weerstandswaarden die dikwijls in elektronische apparatuur voorkomen. Een gewone meetbrug, gevoed uit een zaklantaarnbatterij, is geschikt tot ongeveer 50 000 Ω , voor grotere waarden komen elektronische weerstandsmeetapparaten in aanmerking (foto 32). Het voordeel van dergelijke apparaten is dat zij meestal ook de mogelijkheid bieden de waarden van condensatoren te meten.

5. Katodestraaloscillograaf

Als een dokter iets te weten wil komen over het inwendige van een patiënt, neemt hij zijn stethoscoop en luistert naar de geluiden die binnenin de patiënt te horen zijn. Op deze wijze kan hij een indruk krijgen van het goed of slecht functioneren van hart, longen etc. Elektronische apparaten produceren echter nooit geluid en als ze het wel doen is er meestal iets niet in orde. Om van deze stille werkers het „hart” te onderzoeken, komt men dus met een stethoscoop niet veel verder. Toch bestaat hiervoor een prachtig instrument: de kathodestraaloscillograaf, kortweg „oscillograaf” genoemd (foto 33). Met dit apparaat kunnen de stromen en spanningen die in de elektrische patiënt optreden, zichtbaar gemaakt worden. Evenals een arts ervaring moet hebben in het gebruik van een stethoscoop om uit de geluiden die hij hoort te kunnen

concluderen wat zij betekenen, zo moet de onderhoudsman de oscillograafbeelden kunnen interpreteren en dat eist oefening en ervaring. Wij zullen hier niet verder ingaan op de werking van de oscillograaf, maar ons beperken tot enige praktische punten in verband met het gebruik ervan.

Het is dikwijls nodig op een oscillograaf het spanningsbeeld te zien tussen twee punten die beide geïsoleerd zijn t.o.v. aarde en zelfs een vrij hoge spanning t.o.v. aarde kunnen hebben. Nu is één van de afbuigplaten meestal geaard, d.w.z. aan het metalen huis van de oscillograaf verbonden. Om dergelijke spanningen toch te kunnen meten moet de oscillograaf geïsoleerd worden opgesteld, b.v. op een hardpapieren plaat, en het huis mag niet worden geaard omdat één van de afbuigplaten ermee verbonden is. Dit houdt in dat men tijdens de meting de oscillograaf niet mag aanraken maar alleen aan de geïsoleerde knoppen mag draaien. Men doet er goed aan zelfs het aanraken van de knoppen te voorkomen door van te voren de frequentie van de tijdbasis, de focussering en de helderheid in te stellen. Het aanrakingsgevaar kan worden verminderd door de oscillograaf te bedekken met een plastic doek, zodat hoogstens de frontplaat nog kan worden aangeraakt. Bovendien moet men zorgen dat het punt dat de laagste spanning t.o.v. aarde heeft, verbonden wordt met de afbuigplaat die aan het huis van de oscillograaf ligt.

Men kan deze methode toepassen tot spanningen van ongeveer 500 V tussen huis en aarde. Voor hogere spanningen moet een aparte isolatietransformator tussen het net en de oscillograaf worden geschakeld omdat anders de transformatoren in de oscillograaf kunnen doorslaan. Zoals wij reeds zeiden moet een onderhoudsman zich oefenen in het gebruik van een oscillograaf. Als hij vertrouwd is met het beeld dat een bepaalde spanning behoort te hebben zal een afwijking in de vorm ervan hem opvallen en weet hij dat er iets niet in orde is. Hierbij moet hij echter oppassen niet in de war gebracht te worden door stoorsignalen die in de meetsnoeren kunnen worden geïnduceerd.

De aanwezigheid van stoorsignalen kan worden vastgesteld door de punten van de meetpenen tegen elkaar te houden in de buurt van de contactpunten in de schakeling waartussen men wil meten. Als er geen stoorsignalen zijn zal een horizontale lijn, zonder enige afwijking in

Foto 26. Van een zwaar overbelaste zendbuis wordt de ballonwand naar binnen gezogen. Door gaans springt het glas in zo'n geval stuk.

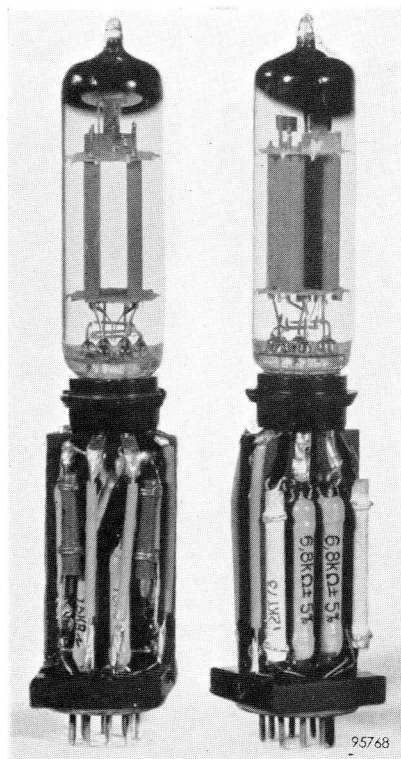
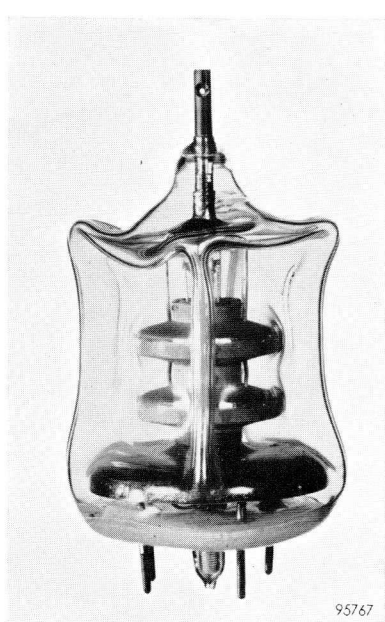


Fig. 27a.

Delen van schakelingen (links) en gehele schakelingen (rechts) gemonteerd op buisvoetjes.

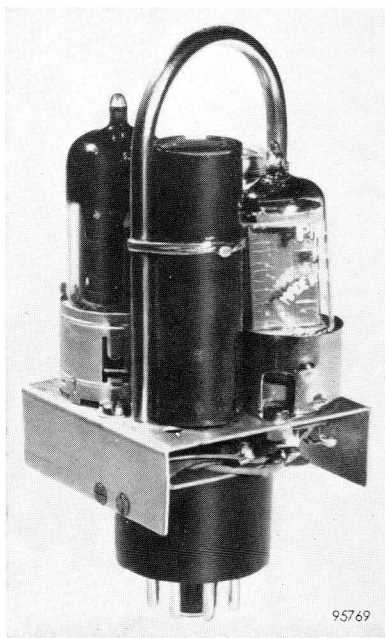


Fig. 27b.

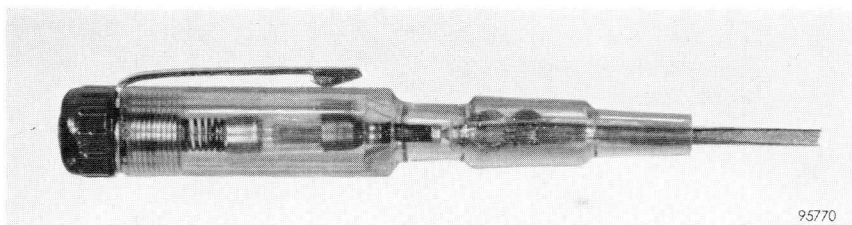


Foto 28. Schroevendraaier tevens spanningszoeker. Voor de schakeling zie fig. 9.

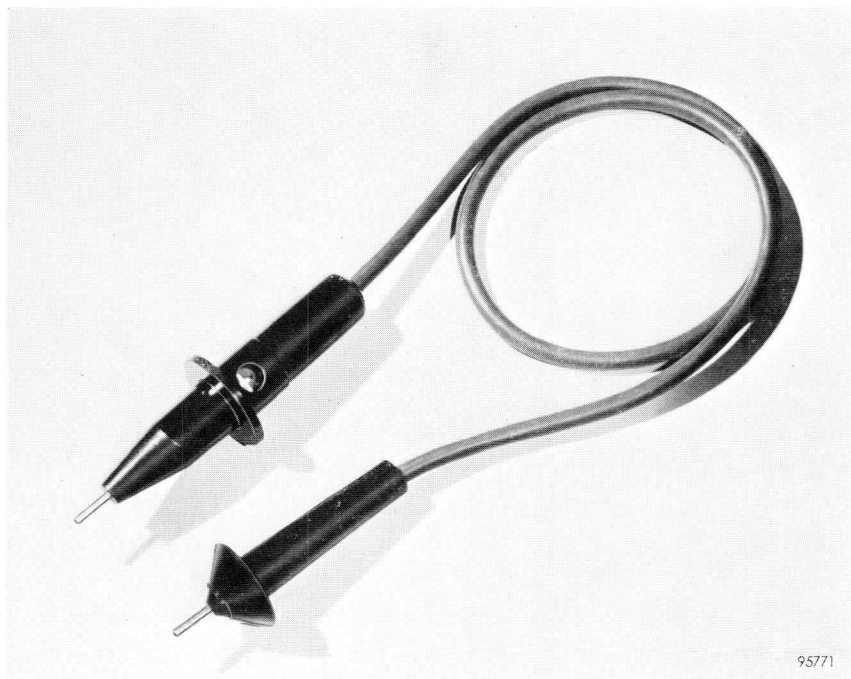
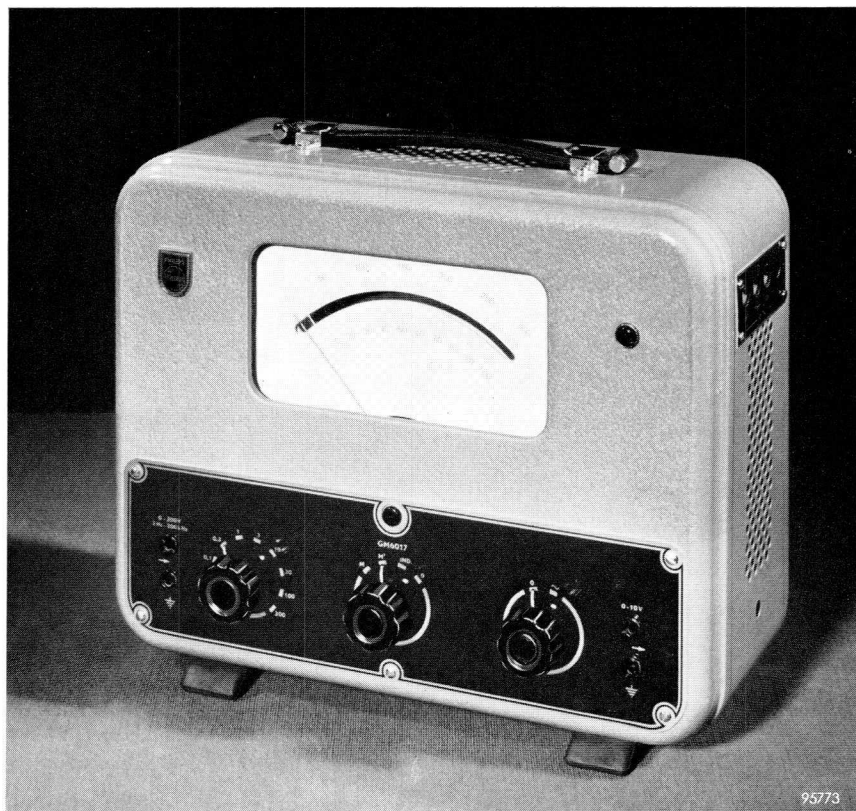


Foto 29. Sterkstroom-spanningszoeker.



Foto 30. Universeel meetinstrument voor spanning, stroom en weerstand.



9573

Foto 31. Electronische voltmeter voor lage frequenties.

vertikale richting op het scherm verschijnen en als men het contact tussen de meetpennen verbreekt, moet dat zo blijven. In beide gevallen zullen wel signalen op het scherm te zien zijn wanneer het te onderzoeken apparaat zelf stoorsignalen opwekt of wanneer die worden veroorzaakt door een ander apparaat in de buurt.

Als puntlasmachines moeten worden onderzocht of in de buurt staan, dient men rekening te houden met magnetische strooivelden die allerlei beeldafwijkingen kunnen veroorzaken. Hoogfrequentie verhittingsapparaten kunnen ook gemakkelijk ongewenste invloed uitoefenen op het beeld op het scherm. Deze effecten kunnen verminderd worden door de meetsnoeren in elkaar te draaien en de oscillograaf zelf in de gunstigste stand te plaatsen. Een andere manier om stoorsignalen te verminderen is het gebruik van capaciteitsarme meetkabels.

Het is heel goed mogelijk met een oscillograaf de amplitude van wisselspanningen te meten die door hun vorm niet met gewone meters te meten zijn, zoals bijv. zaagtandspanningen of spanningsimpulsen.

Stromen kan men meten door in het stroomcircuit een weerstand op te nemen en de spanning hierover te bepalen. Deze weerstand dient inductievrij te zijn als het gaat om het meten van pulserende of hoogfrequente stromen ; draadgewonden weerstanden of dito potentiometers mogen hiervoor dus niet gebruikt worden.

Vakkennis

Behalve instrumenten is voor het onderhouden van elektronische apparatuur iemand met vakkennis nodig om te weten hoe en wat gemeten moet worden, waar gemeten moet worden en om tenslotte de juiste conclusies te kunnen trekken uit het meetresultaat.

Het onderhouden en repareren van mechanische werktuigen vereist minder instrumenten omdat de meeste fouten direct zintuiglijk kunnen worden waargenomen. Elektrische en elektronische apparatuur vergen reeds in een veel vroeger stadium van de controle het gebruik van meetinstrumenten. Als gevolg daarvan moeten voor het onderhouden van elektronische apparatuur hogere eisen gesteld worden aan de scholing en de intelligentie van de betreffende monteur. Deze uitspraak geldt uiteraard alleen in algemene zin.

Voor het onderhouden van **electrische** apparatuur is kennis vereist van de elementaire verschijnselen van gelijk- en wisselstroom, van de werking van electrische apparaten en werktuigen waarin deze verschijnselen worden toegepast en van veiligheids- en installatievoorschriften. Men hoeft niet buitengewoon knap of geleerd te zijn, doch men moet deze theoretische kennis op de juiste wijze kunnen toepassen en met behulp ervan conclusies kunnen trekken uit waarnemingen.

Voor het onderhouden van **electronische** apparatuur moet deze theoretische kennis nog worden uitgebreid met de verschijnselen die zich voordoen in electronenbuizen, met en zonder roosters, vacuüm of gasgevuld, verhitte of koude katode etc. Een onderhoudsmonteur zal hierover geen geleerde theorieën behoeven te kennen doch wel een eenvoudige verklaring van de verschijnselen moeten kunnen geven. Ook in dit geval is de kennis van de toepassingen van deze electronenbuizen en de daarmee opgebouwde schakelingen het voornaamste.

Het is duidelijk dat deze eisen en de eisen die hieronder nog worden genoemd, gelden voor een ervaren onderhoudsmonteur. In de praktijk zullen dikwijls de eerste electronische apparaten die in een werkplaats of fabriek worden geïnstalleerd, worden onderhouden door de reeds aanwezige onderhoudsmonteurs. Uiteraard kan men van deze mensen niet verlangen dat zij onmiddellijk verstand hebben van electronische apparatuur. Het is echter wel nodig dat zij, om dergelijke apparatuur met succes te kunnen onderhouden, zich bekwamen in deze tak van de techniek. Hiervoor is interesse nodig en de wil en het doorzettingsvermogen om zich deze kennis eigen te maken, hetzij door het volgen van een cursus, hetzij door het lezen van boeken. Deze kennis en de ervaring die zij in het praktische werk opdoen zullen hen na verloop van tijd vormen tot technici die volledig in staat zijn de hen toevertrouwde apparatuur te onderhouden en, indien nodig, te repareren. Het hangt uiteraard sterk af van de soort apparatuur die een monteur te onderhouden heeft, welke schakelingen hij goed moet kennen en welke schakelingen hij slechts oppervlakkig behoeft te bestuderen. Hieronder zijn enige schakelingen genoemd — in opklimmende mate van moeilijkheid — waarin een all-round monteur enig inzicht moet hebben. De schakelingen die hij in de praktijk vaak tegenkomt moeten natuurlijk nader bestudeerd worden.

Allereerst komen eenvoudige electronische relais-schakelingen, al dan niet met fotobuizen, microfoons etc. uitgerust, de belangstelling vragen ; vervolgens tijdschakelaars, gelijkrichters en stabilisatoren, thyatron-schakelingen voor de regeling van het toerental van gelijkstroom-motoren, eenvoudige lastijdschakelaars met thyatrons en ignitrons voor punt- en naadlasapparaten.

In deze toepassingen zijn de buizen als schakelaars werkzaam. Het kan eventueel ook nodig zijn iets over regelschakelingen en servo-mechanismen te weten.

Vervolgens moeten de toepassingen van buizen als generator of versterker van laagfrequente trillingen bestudeerd worden. Dit zijn o.a. multivibratorschakelingen, inverters, buisvoltmeters, zaagtandgeneratoren, versterkers etc.

Tenslotte mag enig inzicht geëist worden in de schakelingen die voorkomen in radiozenders en -ontvangers, hoogfrequentie-generatoren voor inductieve en capacatieve verhitte, ultrasoongeneratoren en eventueel in de beginselen van televisie en radar.

Praktijkmensen plegen nogal eens de neus op te halen voor al deze theorie en boekenwijsheid. Zij vinden dat men alleen maar iets goed te weten kan komen door ervaring. Hun antipoden vinden zij in de theoretici-pursang die alleen op theoretische gronden iets voor mogelijk of onmogelijk houden en eventueel liever een dag lang op papier argumenteren en rekenen waarom iets niet kan, dan even een paar uur de moeite te nemen om het in de praktijk te proberen en dan te ontdekken dat het wél kan.

Tussen deze twee uitersten ligt, zoals altijd, de waarheid. De practici dienen er rekening mede te houden dat men soms langs wiskundige weg kan berekenen of iets wel of niet kan, en dat in allerlei boeken veel opgeschreven staat dat gebaseerd is op feiten en op ervaringen van anderen. Die anderen worstelden reeds eerder met dezelfde problemen als wij nu en hebben daarvoor oplossingen gevonden met de middelen die hen ten dienste stonden. Zij hebben daarvan bovendien aantekeningen gemaakt en hun ervaringen door publicatie in boeken of tijdschriften aan iedereen bekend gemaakt. Boeken moet men daarom beschouwen als een schat van ervaringen die door anderen zijn opgedaan. Het lezen ervan bespaart tijd en geld omdat niet iedereen

telkens weer door schade en schande wijs behoeft te worden. Wetenschap door schade en schande verkregen is duur betaald en gaat bovendien niet langer dan één generatie mee.

De theoretici dienen daarentegen te bedenken dat niet alles van achter een bureau kan worden bepaald. Soms ziet men factoren over het hoofd die toch wel een rol in de schakeling spelen, en het probleem moet al heel eenvoudig zijn om zonder een proef zekerheid te hebben dat het in de praktijk lukt. Soms ook laat men mogelijkheden ongebruikt omdat zij op grond van theoretische beschouwingen gedoemd waren te mislukken, totdat dan een praktijkman in zijn onnozelheid het ging proberen en het toch lukte. Zo is het met ijzeren schepen en met vliegtuigen gegaan en dit zijn werkelijk niet de enige voorbeelden.

Deze botsende inzichten zijn hier even genoemd omdat men bij het onderhoud van elektronische apparatuur ermee te maken krijgt. Een praktijkman kan menen dat hij, voorzien van enig gereedschap en een paar meters, heel goed in staat is storingen op te sporen en op te heffen en dat hij hiervoor al die „boekenwijsheid” niet nodig heeft. De theoreticus daarentegen dient te waken voor voorbarige conclusies: hij heeft soms een vooroordeel op theoretische gronden en kan daardoor de fout in een verkeerde richting zoeken, terwijl enkele metingen hem hadden kunnen vertellen dat hij een dood spoor volgde.

Een goed onderhoudsman is in de eerste plaats een goed waarnemer. Hij oordeelt en trekt conclusies uit feiten die hij zelf heeft waargenomen en verifieert die aan de hand van andere feiten. Het is gevaarlijk af te gaan op ooggetuige-verslagen van de verschijnselen die zich voordeden bij de storing. Hij moet zelfs nog oppassen voor de mededelingen van mensen die vóór hem getracht hebben de zaak in orde te brengen. Zij verklaren — en meestal geheel te goeder trouw — dat zij diverse dingen al gemeten en gecontroleerd hebben, dat zij geen onderdelen los gemaakt hebben etc. Gaat men hierop af dan wordt de oorzaak van de storing soms volkomen onvindbaar en het verschijnsel geheel onbegrijpelijk. Zodra men dan echter alle mededelingen wantrouwt, en zelf het betreffende apparaat inspecteert, blijkt heel dikwijls dat er toch iets niet orde is en wel degelijk iets is losgemaakt. Men mag in principe niet zonder meer afgaan op de mededelingen en metingen van anderen, maar moet zelf alles zoveel mogelijk nagaan. Met een dosis

nuchterheid, vindingrijkheid en kennis van de werking van het apparaat is het euvel meestal snel verholpen.

Handleidingen

Iedere fabrikant van elektronische apparatuur levert bij zijn apparaten een handleiding — behoort dit althans te doen — waarin bijzonderheden staan over het uitpakken, opstellen, aansluiten en afregelen van het apparaat. Een dergelijke handleiding moet verder bevatten :

- 1) een omschrijving van de werking ;
- 2) een opsomming van de punten die regelmatig gecontroleerd moeten worden, dus een soort schema voor het preventieve onderhoud ;
- 3) aanwijzingen voor het opheffen van storingen, waarschuwingen betreffende dingen die men beslist niet mag doen, etc. ;
- 4) waarschuwingen om te voorkomen dat bepaalde onderdelen worden gerepareerd of bijgesteld indien deze onderdelen speciale behandelingswijzen of gereedschappen vereisen ;

5) principe- en bedradingsschema's van de installatie met stuklijsten. Helaas bevatten lang niet alle handleidingen zulke uitvoerige gegevens en dan wordt het moeilijk storingen snel op te heffen. Het is echter in elk geval nodig dat de onderhoudsman een principeschema van het apparaat heeft met daarin aangegeven de waarde van de onderdelen, typenummers van buizen etc. Als dat er niet is, moet het gemaakt worden want zonder het principeschema is het onmogelijk allerlei verschijnselen die zich bij een storing kunnen voordoen, te verklaren, laat staan de storing op een bevredigende wijze op te heffen. Hiertegen kan men inbrengen dat een storing in een eenvoudig elektronisch relais ook wel zonder schema kan worden opgespoord. Inderdaad is dat het geval maar dat is dan ook te danken aan het feit dat men het schema van het betreffende relais als het ware in het geheugen voor zich ziet en men onbewust aan de hand van dit schema de storing gaat opsporen.

Voor iets meer gecompliceerde apparatuur is dit natuurlijk niet mogelijk. Van apparatuur die in een eigen werkplaats of laboratorium is gemaakt ontbreekt meestal een handleiding en bestaat er hoogstens een principeschema met stuklijst. Een beschrijving en een handleiding, zoals boven

omschreven, ontbreekt, tenzij dezelfde soort apparatuur voor derden wordt gemaakt. Dit gemis zal de onderhoudsdienst zelf zo goed mogelijk dienen aan te vullen door notities betreffende bijv. het afregelen, de werking en het onderhoud bij de schema's te voegen.

Doormeten

Na de uiteenzetting over de hulpmiddelen (meetinstrumenten en schema's) waarover de onderhoudsmonteur moet beschikken en over de vakkennis die voor het onderhouden van elektronische apparatuur vereist is, keren we terug tot het preventieve onderhoud.

Na het verwijderen van stof en vuil en de inspectie van de onderdelen op primitieve wijze — zonder gebruik van meetinstrumenten — kan het nodig zijn dat sommige onderdelen van de schakeling worden doorgemeten. Het is echter moeilijk in het algemeen te zeggen of er wel gemeten moet worden en wat er gemeten moet worden. Het hangt helemaal van het type apparaat af of het nodig is door een meting vast te stellen hoe de elektrische toestand van de onderdelen of het gehele apparaat is. De plaats en de omgeving waar het staat opgesteld, kunnen ook van invloed zijn. In het algemeen dient men die onderdelen te controleren die het meeste gevaar lopen af te wijken van hun vereiste eigenschappen. Van een apparaat dat aan vocht of chemische dampen is blootgesteld, kan men verwachten dat de isolatieweerstand van bepaalde onderdelen van de schakeling onderling of ten opzichte van aarde gevaar loopt klein te worden, terwijl men in een droge omgeving hiervoor niet bevreesd behoeft te zijn. In een dergelijk geval doet men er verstandig aan deze isolatie geregeld te controleren. Eventueel kunnen een spannings- of stroommeting of een controle op de juiste werking ook uitsluitsel over de grootte van de isolatie geven.

Wanneer de wijzer van een meetinstrument tijdens bedrijf van het apparaat voortdurend heen en weer schommelt, verdient het misschien aanbeveling het instrument te laten iken. Als men een meter voortdurend nauwkeurig moet aflezen, is iken beslist één van de routinehandelingen die bij het preventieve onderhoud moeten plaats vinden.

Vaak kan men door een enkele spanningsmeting tussen twee met overleg gekozen punten de werking van grote delen van het apparaat con-

troleren zonder dat het nodig is een groot aantal metingen aan vele onderdelen van de schakeling te doen.

Aan dit laatste is bij een storing dikwijls niet te ontkomen, maar dan werkt het apparaat ook niet meer. Bij het preventieve onderhoud werkt alles nog goed en hoeft men dus niet zo ver te gaan.

Na de controle van de algemene elektrische toestand, komen eventueel noodzakelijke metingen aan de beurt van weerstanden, condensatoren, buizen, etc., die nog wel goed werken maar toch tekenen vertonen van een op handen zijnde storing. De zichtbare afwijkingen zijn nog niet van dien aard dat het noodzakelijk is de betreffende onderdelen direct te vervangen, maar ze moeten toch gecontroleerd worden en een meting moet uitsluitend geven over hun deugdelijkheid.

Verder dan deze metingen hoeft men bij het preventieve onderhoud meestal niet te gaan. Indien men nog meer meet, levert dat in de regel geen resultaat meer op.

Sommige onderdelen hebben een beperkte levensduur. Weliswaar kan men niet precies op de dag af zeggen hoe lang die is, maar ze is eindig en na een bepaald aantal bedrijfsuren neemt de kans op defecten toe. Een bepaald aantal storingen per dag of per week is misschien toelaatbaar, maar wanneer dit aantal wordt overschreden dienen er maatregelen genomen te worden. In een dergelijk geval doet men er verstandig aan het aantal periodieke onderhoudsbeurten zo groot te maken dat de kans op een storing minimaal wordt; tijdens deze onderhoudsbeurten moeten de onderdelen die een bepaalde levensduur hebben bereikt, worden vernieuwd.

HOOFDSTUK 8

STORINGZOEKEN

In de voorgaande hoofdstukken zijn wij vrij diep ingegaan op het preventieve onderhoud, d.w.z. het voorkomen van storingen door periodiek weerkerende inspecties van het betreffende apparaat. Ondanks deze voorzorgen kunnen natuurlijk toch storingen ontstaan en ook in die gevallen moet de onderhoudsmonteur uitkomst brengen. Het zal heus wel eens voorkomen dat hem dit niet lukt en dat van de zijde van de fabrikant hulp geboden moet worden. Hoe uitgebreider de technische kennis van de onderhoudsman echter is, hoe minder vaak dit zal gebeuren.

Het is dus nodig dat de onderhoudsman ervaring krijgt in het opsporen van fouten en hij moet voor zichzelf een methode kiezen aan de hand waarvan hij bij het storingzoeken te werk gaat.

Hoewel iedere technicus hierin een zekere variatie aanbrengt die samenhangt met zijn persoonlijkheid, toch moet het hoofdschema dat bij het opsporen van fouten wordt gevolgd voor alle onderhoudstechnici gelijk zijn. Helaas komen er nogal eens onjuiste werkmethoden voor, en deze worden nu eerst beschreven omdat daaruit kan blijken hoe het niet moet en waarom niet.

De slechtste methode is de **geluksmethode**.

Men draait ergens aan, geeft hier en daar een klap tegen het apparaat, trekt eens aan een dradenbundel en heeft dan een heel enkele keer wel eens het geluk dat de storing tijdelijk verdwenen is. Dikwijls wordt het euvel erger in plaats van beter. Voor industriële elektronische apparatuur is deze methode uiteraard ontoelaatbaar, omdat het een schijnreparatie is; op een onverwacht en ongewenst ogenblik treedt de storing plotseling toch weer op.

Een iets betere methode is de **kaartsysteemmethode**.

Sommige onderhoudsmonteurs hebben in hun hoofd een soort kaartstelsel van vroegere storingen verzameld. Op die denkbeeldige kaart

ten zijn ook de handelingen en experimenten aangetekend die men heeft verricht om die verschillende storingen op te heffen. Doet zich nu een storing voor die in zijn verschijnselen lijkt op een storing die men vroeger al eens is tegengekomen, dan gaat men direct de oplossing zoeken in de richting die men toen is ingeslagen. In vele gevallen levert dit succes op, doch in evenveel gevallen vindt men de fout niet en moet men van voren af aan beginnen, met het gevolg dat veel kostbare tijd verloren is gegaan. Toch is deze methode beter dan de vorige, omdat er enige logica aan ten grondslag ligt.

De derde methode is de **uitwisselmethode**.

Hierbij gaat men uit van de veronderstelling dat slechts één enkel onderdeel van het apparaat defect is. Men stelt echter niet door meting vast welk onderdeel het is, doch op grond van de aard van de storing wordt een aantal onderdelen verdacht en stuk voor stuk worden deze nu vervangen door nieuwe exemplaren. Na enige vruchteloze pogingen zal het dan wel eens lukken het defecte onderdeel te ruilen tegen een goed exemplaar. Meestal is er inderdaad maar één onderdeel defect, doch soms heeft het defect raken van een bepaald onderdeel tevens het stuk gaan van een ander onderdeel tot gevolg. In dat geval zal deze methode van storingzoeken meestal geen succes hebben: men wisselt het defecte onderdeel om voor een goed, maar dit heeft niet het gewenste gevolg, zodat de vervanging overbodig schijnt te zijn en het oude exemplaar weer wordt gemonteerd. Daarna wisselt men het tweede defecte onderdeel uit en dat heeft ook geen resultaat waarna het oude exemplaar weer wordt aangebracht en men nog niets verder is gekomen. Men zou de eenmaal vervangen onderdelen moeten laten zitten om dan op een gegeven ogenblik te ontdekken dat de fout is opgeheven. Als daarvoor bijv. vijf onderdelen zijn vervangen, houdt men na de reparatie vijf onderdelen over waaronder enige defecte zonder dat men weet welke dat zijn.

Het behoeft geen betoog dat de uitwisselmethode tijdrovend is, terwijl ze bovendien het nadeel heeft dat men niet de innerlijke overtuiging heeft dat de reparatie afdoende is geweest; men hoopt slechts goed geraten te hebben.

De beste methode is de **systematische methode**.

Deze methode vergt van de onderhoudsman :

- a. grondige kennis van de werking van het apparaat en van de functie die de onderdelen daarin vervullen ;
- b. goed waarnemen van alle verschijnselen die zich bij een storing voordoen en van hun onderlinge samenhang. Geen conclusie trekken uit halve feiten ;
- c. logisch en volgens een plan te werk gaan bij het opsporen van een fout.

Indien een onderhoudsman aan bovengenoemde eisen voldoet, zal hij o.a. in staat zijn een storingzoekschema van het apparaat op te stellen. Hiervan zal niet alleen hijzelf plezier hebben, doch met behulp ervan is het mogelijk dat ook niet-deskundigen verrassend snel fouten in het desbetreffende apparaat kunnen vinden, waarna de onderhoudsman ze alleen maar behoeft te herstellen. Dan gaat de minste tijd verloren, hetgeen een belangrijke factor is wanneer het gaat om een storing in een productiemachine.

Hoe werkt de systematische storingzoekmethode ?

Een compleet apparaat is opgebouwd uit allerlei onderdelen die tesamen één geheel vormen. Elk defect onderdeel of verbroken verbinding heeft een storing tot gevolg : het apparaat werkt niet meer of er ontstaat als het ware een nieuw apparaat met onvermoede en meestal zeer ongewenste eigenschappen. Deze waarneembare of meetbare eigenschappen zijn het die de reparateur belangrijke aanwijzingen geven waar hij de fout moet zoeken.

Als voorbeeld nemen wij een buisvoltmeter. Deze bestaat uit een versterker, een meetinstrument en een voedingsgedeelte, dus drie secties. In het schema is iedere sectie voorgesteld door een vierkantje waarin men de functie van die sectie aangeeft. Deze vierkantjes zijn door één of meer lijnen met elkaar verbonden en vormen het zgn. blok-schema van de buisvoltmeter.

Aan de hand van een dergelijk schema krijgt men een globaal inzicht in de werking van het apparaat. Als men hiermede gewapend het principeschema van het apparaat bekijkt, is dat niet meer een doolhof

van draden en onderdelen, maar een logische compositie van onderling samenwerkende secties.

Om met succes een storing te kunnen opsporen dient men te weten welke de gevolgen zijn van het defect raken van een „blok” in het blokschema. Daarna moet men aan de hand van het abnormale gedrag van het apparaat vaststellen welk blok hiervoor verantwoordelijk kan zijn. Op deze wijze wordt de storing tot een bepaald blok begrensd en kan de fout worden opgespoord in de schakeling van het betreffende blok. Vanzelfsprekend gaat aan dit systematisch onderzoek een algemeen onderzoek vooraf naar losse draden, zichtbaar defecte onderdelen etc.

Het systematische storingzoeken volgens het bovenbeschreven schema wordt nog eenvoudiger als het apparaat uit units is opgebouwd. Weet men in welke unit de fout schuilt, dan kan deze worden uitgewisseld tegen een reserve-exemplaar en het apparaat werkt weer. De productie ondervindt op deze wijze de minste last van de storing.

De defecte unit kan dan in de reparatiewerkplaats nader worden onderzocht. Dit is ook meestal gemakkelijker voor de onderhoudsman, omdat hij daar alle gereedschappen en instrumenten bij de hand heeft die voor de reparatie nodig zijn. In de fabriek is dikwijls de plaats waar gewerkt moet worden zeer beperkt zodat de noodzakelijke instrumenten er niet behoorlijk kunnen worden opgesteld. Bovendien kunnen allerlei storingen van apparaten die in de omgeving staan de metingen bemoeilijken en wordt men vaak gehinderd door het fabrieksruis.

In het algemeen mag men aan een goede onderhoudswerkplaats voor elektronische apparatuur de eis stellen dat de onderhoudsman daar rustig moet kunnen werken. Het opheffen van storingen is in de eerste plaats hersenwerk, en dat moet in een rustige omgeving kunnen gebeuren.

Behalve de nodige meetinstrumenten, is ook een voedingsapparaat nodig om de te repareren unit te voorzien van de noodzakelijke gelijken wisselspanningen. Afhankelijk van de functie die de unit in het apparaat vervult, kan het ook nodig zijn dat kunstmatige belastingen of ingangssignalen voorhanden zijn. Het hangt af van het aantal apparaten van een bepaald type dat in een bedrijf wordt gebruikt of het al

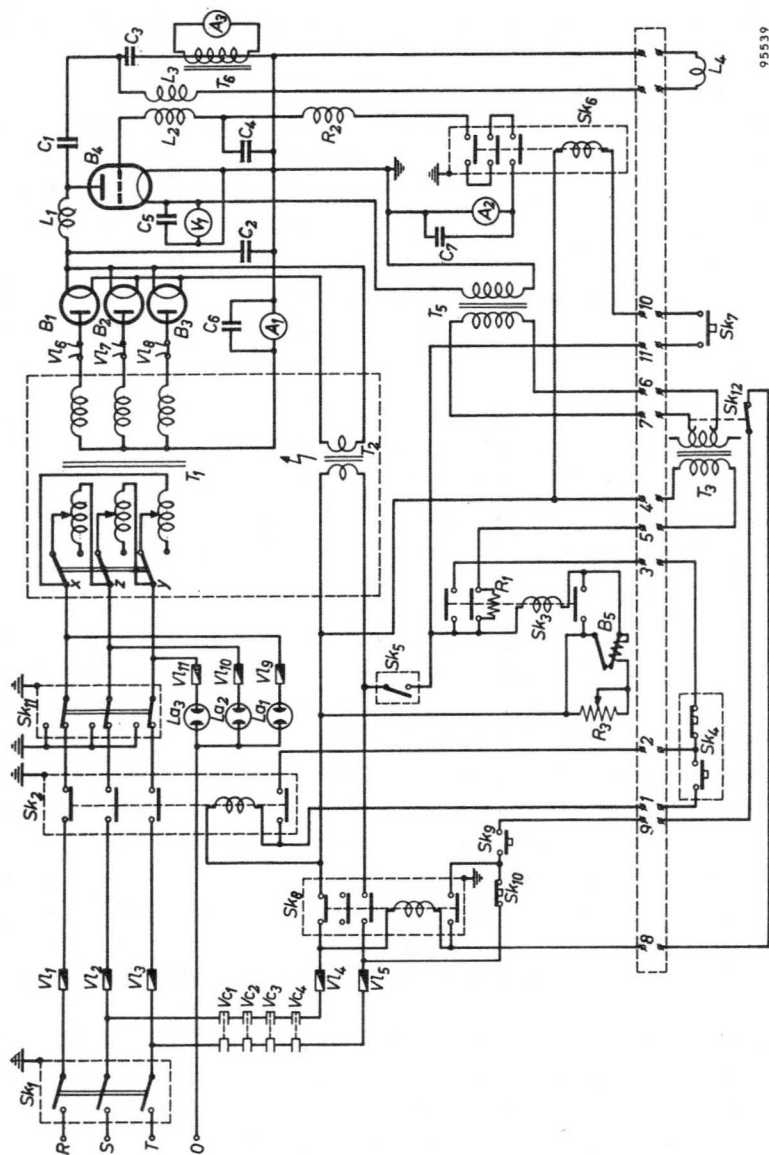
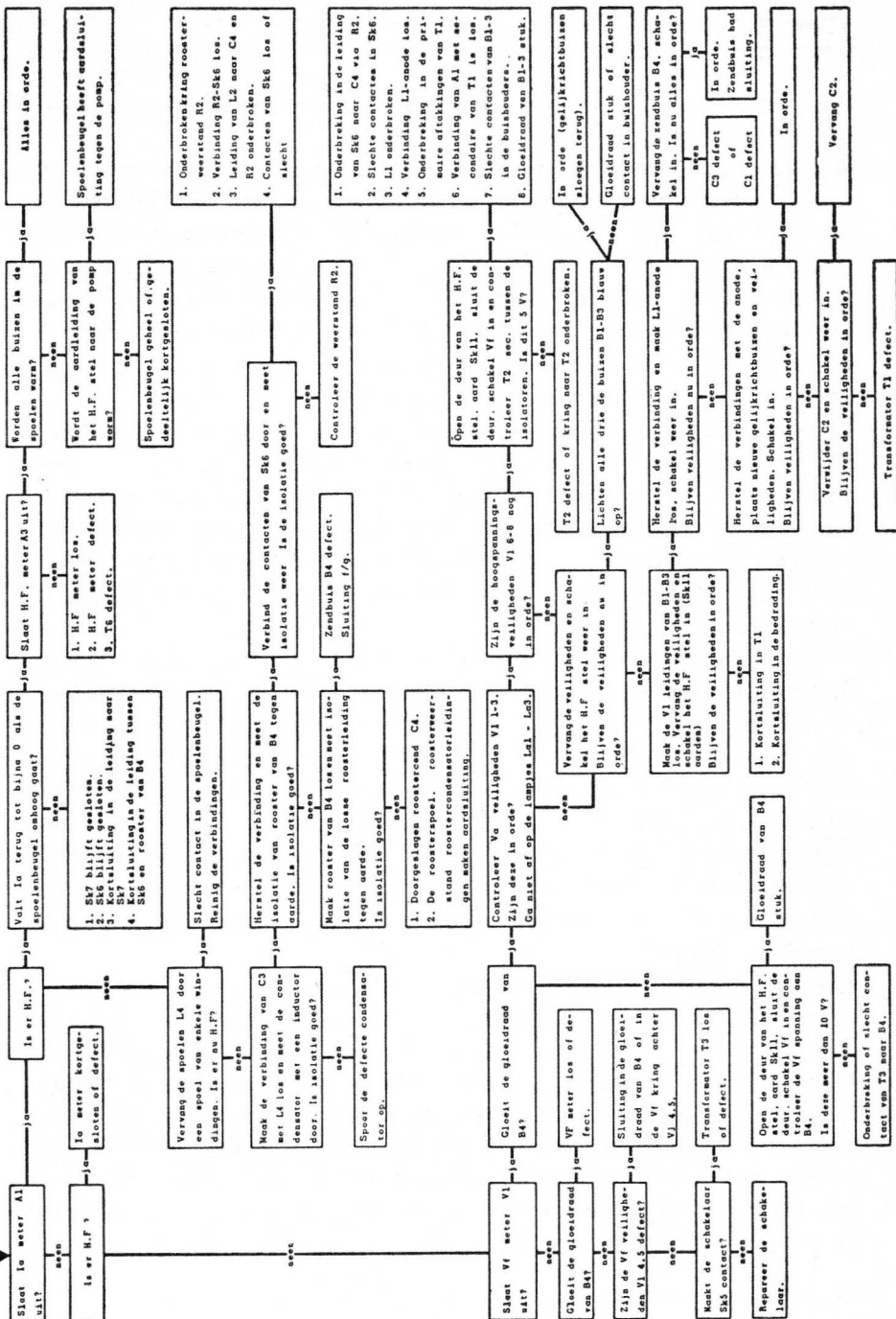


Fig. 13 a. Schema van een HF-Verhittingsapparaat.

Fig. 13 b. (pag. 83). Storingzoektabel.



dan niet lonend is hiervoor een aparte voedings- en belastingsapparaat te bouwen.

Zijn er enkele tientallen apparaten in gebruik dan is het meestal wel verantwoord een vaste meetopstelling te bouwen. Het is dikwijls omslachtig steeds weer een goede meetopstelling te improviseren. Meestal wordt aan dergelijke opstelling niet voldoende zorg besteed, hetgeen gevaar oplevert door het ontbreken van beveiligingen en kans geeft op kortsluitingen enz. Voor één keer kan dat moeilijk anders, doch voor een regelmatig terugkerende controle (als onderdeel van het preventieve onderhoud) is dat toch wel bezwaarlijk.

Een voorbeeld van een storingzoekschema is gegeven in fig. 13 b. Dit behoort bij het in fig. 13 a afgebeelde principeschema van een eenvoudig hoogfrequent-verhittingsapparaat. Het afgegeven vermogen kan worden geregeld door de gloeispanning van de zendbuis te variëren. Dit storingzoekschema heeft in de praktijk bewezen dat het zelfs een niet-ingewijde in staat stelt storingen in het apparaat snel op te sporen.

Bij het opstellen van storingzoekschema's dient men er van uit te gaan, dat voor het zoeken van de fout de schakeling, althans aanvankelijk, zoveel mogelijk intact wordt gelaten. Het losschroeven of -solderen van verbindingen of onderdelen, bijvoorbeeld om stroommeters in de schakeling op te nemen, moet zoveel mogelijk worden voorkomen, want men vergeet later dikwijls de verbindingen te herstellen. In het laatste stadium van het storingzoeken is het natuurlijk niet altijd te vermijden om iets los te maken. Men kan echter het schema wel zo opstellen, dat het niet nodig is reeds bij de eerste meting het apparaat half af te breken.

Een andere veel gebruikte methode van storingzoeken, waarbij ook systematisch wordt tewerk gegaan, maakt gebruik van het opmeten van spanningen tussen bepaalde punten met een voltmeter die voor elk meetbereik een gegeven weerstand heeft. Indien het apparaat goed is, leest men bepaalde spanningen af die in een tabel zijn gegeven. Deze spanningen zijn niet altijd de werkelijke spanningen tussen die punten, want soms meet men achter een hoge weerstand. Als men echter werkt met een instrument van het voorgeschreven type, behoort de wijzer daarvan een bepaalde waarde aan te geven. Elke afwijking is

een indicatie dat er ergens in het apparaat iets niet in orde is. Aan de hand van deze spanningsmetingen kan men ook een storingzoektabel opbouwen. Indien men echter het voorgeschreven meetapparaat niet gebruikt, doch een ander met een afwijkende inwendige weerstand, heeft dit tot gevolg dat de afgelezen waarden belangrijk kunnen verschillen van de in de tabel gegevene. De tabel is dan onbruikbaar geworden of moet op zijn minst genomen met verstand worden geïnterpreteerd.

Storingzoekschema's kunnen al gauw omvangrijke handleidingen worden: een betrekkelijk eenvoudig apparaat vergt een vrij uitgebreid schema. Voor een ingewikkeld apparaat is het dan ook vrijwel ondoenlijk een schema op te stellen. Men kan het hoogstens maken voor de units waaruit het geheel is opgebouwd.

Alle storingzoekschema's ten spijt blijkt het telkens weer, dat algemene kennis van de fundamentele werking van elektronische schakelingen onontbeerlijk is voor het snel en doeltreffend opheffen van storingen. Indien een onderhoudsmonteur de werking van een apparaat door en door kent, zal hij in vele gevallen zijn diagnose sneller kunnen stellen dan wanneer hij deze kennis niet heeft. Storingzoekschema's zijn als hulp erg gemakkelijk, doch zullen nimmer in de plaats kunnen treden van kennis van de werking van een schakeling. Wel kan worden gezegd dat de vakkennis, nodig voor het opheffen van storingen, geringer kan zijn naarmate betere storingzoekschema's ter beschikking staan.

Oorzaak van de storing

Wanneer de fout gevonden is, doet men er goed aan niet te volstaan met het vervangen van het defecte onderdeel of het herstellen van de verbroken verbinding. Het is n.l. evenzeer nodig vast te stellen, **waarom** deze fout is opgetreden. Het kan zijn dat een ander onderdeel dan het defecte de oorzaak van de storing is, ofwel dat een verkeerd gebruik van het apparaat aanleiding is geweest tot het defect. Een onderdeel kan soms een ander onderdeel defect doen raken voordat het zelf definitief stuk is. Het lijkt dan nog wel in goede staat te verkeren, doch zo nu en dan functioneert het niet goed en is daardoor

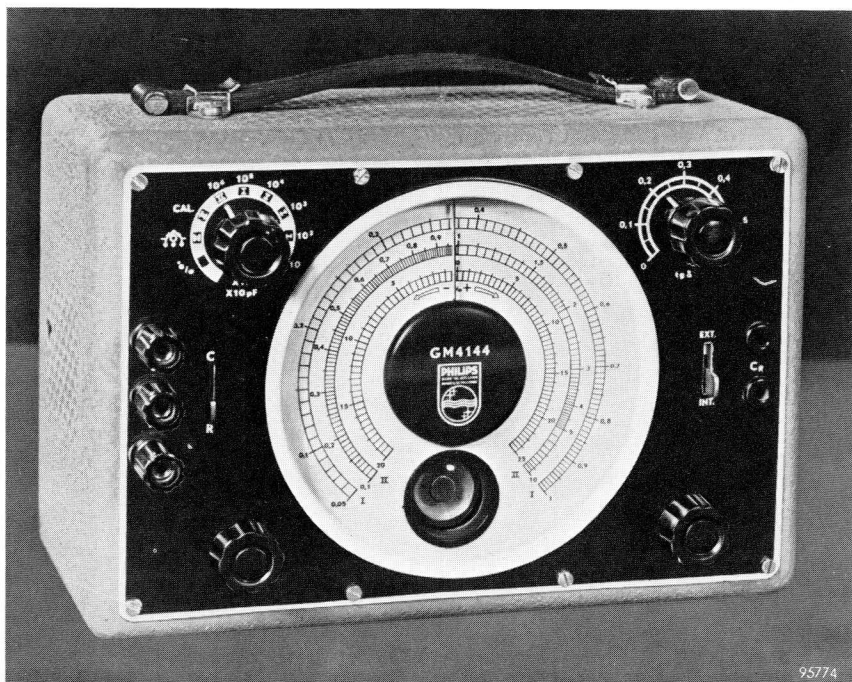
oorzaak dat iets anders stuk gaat. Dikwijls is het moeilijk vast te stellen of een onderdeel x het defect raken van een onderdeel y veroorzaakt. Als echter y na enige dagen of uren weer defect is, wijst dit er toch op dat ergens een onderdeel x moet zijn dat hiervoor verantwoordelijk is.

Uit het bovenstaande blijkt, dat men er goed aan doet op een onderhoudskaart van het apparaat aan te tekenen, wanneer het normale preventieve onderhoud heeft plaats gehad, wat daarbij is geconstateerd en welke onderdelen men eventueel heeft vervangen. Tevens moet op de kaart worden aangetekend wat de oorzaak van de storing was en hoe het gestoorde apparaat zich gedroeg. Het kan eveneens nut hebben aan te tekenen wie het betreffende apparaat bediende. Mutaties in het bedienend personeel of verandering van de plaats waar het apparaat is opgesteld geven soms waardevolle inlichtingen omtrent de mogelijke oorzaak van storingen. Een dergelijke biografie van een apparaat is buitengewoon leerzaam voor de onderhoudsdienst. Mocht er verandering van personeel komen, dan kan de nieuwe onderhoudsmonteur nog profiteren van de bevindingen van zijn voorganger en is geen kostbare feitenkennis verloren gegaan.

Het uitvoeren van de reparatie

Het is duidelijk dat de reparatie afdoende moet zijn. Toch kan men het gemakkelijk iets minder goed doen zonder dat aan de deugdelijkheid in technisch opzicht geweld wordt aangedaan. Men kan het nieuwe onderdeel nl. in verschillende standen monteren, zonder dat dit in electrisch opzicht kwaad kan. Het is echter voor de monteur zelf en later ook voor anderen gemakkelijk de waarde van het betreffende onderdeel te kunnen aflezen. Onderdelen moeten dus zo gemonteerd worden dat de typepistempels en waarde-aanduidingen afleesbaar zijn. De vorm van een onderdeel kan natuurlijk zo zijn, dat het niet overeenkomstig deze eis kan worden geplaatst. In dat geval is het opplakken van een etiket met de waarde en de indicatieletter uit de stuklijst (zie foto 5) het overwegen waard.

Het monteren van onderdelen op chassis moet gebeuren op de voor dat onderdeel gebruikelijke wijze. Worden onderdelen vervangen door



95774

Foto 32. Universeel meetapparaat voor weerstanden en condensatoren.



Foto 33. Kathodestraal-oscillograaf voor industriële doeleinden.

nieuwe exemplaren van hetzelfde type en fabrikaat dan levert dit geen moeilijkheden op. Moeilijker wordt het wanneer het voorgeschreven onderdeel niet meer bestaat of bij de fabrikant niet meer in voorraad is. Gewoonlijk kan de reparatie niet uitgesteld worden en moet men met onderdelen van een ander fabrikaat genoeg nemen. Met de internationale standaardisatie van onderdelen is het nog niet zover dat de maten van alle soorten onderdelen genormaliseerd zijn. De electronica is een nog te jonge techniek om nu reeds alles in voorschriften vast te leggen. Vaak echter treft men onderdelen van gelijke afmetingen aan, hoewel zij van verschillende fabrikanten afkomstig zijn : men streeft uit eigen beweging reeds naar een zekere uniformiteit.

De bevestigingswijzen kunnen dan echter nog wel zoveel van elkaar verschillen dat de oorspronkelijke bevestiging in het apparaat niet meer kan worden toegepast. De onderhoudsmonteur moet dan een **definitieve** gewijzigde bevestiging maken : hij mag op dit gebied niet improviseren. De praktijk heeft nl. geleerd, dat geïmproviseerde bevestigingen en elektrische verbindingen, „die maar enige dagen behoeften te werken”, een buitengewoon lang en taai leven kunnen hebben. Men krijgt in de meeste gevallen naderhand geen moment gelegenheid de reparatie definitief in orde te brengen, waardoor de storingskansen vanzelfsprekend veel groter zijn dan bij een afdoende reparatie. Als er geïmproviseerd moet worden, dient men vooral te waken voor de veiligheid van de mensen die met het apparaat moeten werken.

Wat men met de defecte onderdelen die uit het apparaat komen, moet doen, hangt af van de soort en van de tijd dat ze gebruikt zijn. Defecte buizen, weerstanden en condensatoren zijn niet te repareren en kunnen dus beter worden weggegooid. Bewaart men ze, dan bestaat de kans dat zij op een gegeven ogenblik tussen de goede exemplaren terecht komen met alle gevolgen van dien.

Is het betreffende onderdeel defect geraakt zonder aanwijsbare oorzaak en binnen de garantietijd, dan moet de leverancier van het apparaat verwittigd worden. Dit moet men zeker doen wanneer het herhaalde malen voorkomt. Het is namelijk mogelijk dat het onderdeel niet op de juiste wijze wordt toegepast zonder dat de constructeur zich hiervan bewust is.

Het is ook mogelijk dat het betreffende onderdeel een serie-fout ver-

toont. Dit komt uiteraard wel eens voor, omdat geen enkele fabrikant van onderdelen in staat is zijn producten voortdurend te testen op alle mogelijke spanningen, stromen, temperaturen, vochtigheidsgraden enz. die dat onderdeel in de praktijk wel eens te verduren zou kunnen krijgen. Men controleert en beproeft ze op een wijze die een zware belasting voorstelt, doch soms blijkt de levensduur sterk beïnvloed te worden door factoren en materiaaleigenschappen, die de zware proefbelasting uitstekend verdragen.

AANHANGSEL

GEGEVENS VAN ELECTRONENBUIZEN

De juiste interpretatie van de gepubliceerde gegevens van electronenbuizen is dikwijls moeilijk omdat er allerlei soorten electronenbuizen bestaan die ieder geheel verschillende eigenschappen hebben, en omdat de publicatiegegevens tot op zekere hoogte weer aan deze eigenschappen zijn aangepast. Daarom wordt in dit aanhangsel verklaard hoe deze gegevens geïnterpreteerd moeten worden.

Van electronenbuizen kunnen drie soorten gegevens bestaan :

1. **Karakteristieke gegevens** — Dit zijn de gegevens van een buis die niet in een schakeling is opgenomen. Daaronder vallen dan : afmetingen, voetaansluitingen, capaciteiten tussen de elektroden onderling, opwarmtijd van de kathode, gloeispanning, gloeistroom, steilheid, versterkingsfactor, inwendige weerstand en statische karakteristieken. Dit zijn alle fysische eigenschappen van de buis waaraan niets veranderd kan worden door de gebruiker.
2. **Bedrijfsgegevens** — Dit zijn gegevens van de buis met enige onderdelen van een circuit waarin de buis is opgenomen en waardoor de schakeling bepaalde eigenschappen heeft. In deze schakeling wordt de buis niet overbelast en in de regel is het verstandig om zo'n schakeling onveranderd te gebruiken. Er mag van worden afgeweken, doch men dient er dan voor te zorgen dat geen der grenswaarden van de buis wordt overschreden (dit geldt ook voor kortstondige netspanningsfluctuaties).
Bij zendbuizen is het enigszins anders, daar verstaat men onder bedrijfsgegevens de hoogste vermogens waarbij grenswaarden van stromen en spanningen optreden en netspanningsvariaties niet meer zijn toegestaan.
3. **Grensgegevens** — De stroom-, spannings- en weerstandswaarden

enz. die onder dit hoofd als maximale waarden worden aangegeven mogen niet worden overschreden.

- a. Voor radiobuizen zijn dit de **normale** grensgegevens, d.w.z. dat een buis met normale karakteristieke gegevens tot deze grenswaarden mag worden belast in een schakeling die uit onderdelen met nominale waarden is opgebouwd en die gevoed wordt door een net met nominale spanning. Uit deze definitie blijkt dus, dat deze grenswaarden in een **berekening** niet overschreden mogen worden. (In een toelichting geven de fabrikanten dan nog aan voor welke tolerantie in netspanning en waarden van onderdelen deze opgave geldt.)
- b. Voor electronenbuizen die bedoeld zijn voor industrieel gebruik heeft men het systeem van de **absolute** grensgegevens gevolgd. Dit houdt in dat bij thyatronen, gelijkrichtbuizen, ignitronen etc. de absolute grenswaarden **onder geen enkele omstandigheid** mogen worden overschreden, noch door netspanningsfluctuaties, noch door tolerantie in transformatoren, weerstanden etc.

Bij het bestuderen van gegevens dient men er dus goed op te letten met wat voor soort gegevens men te maken heeft en daarmee dan ook rekening te houden.

Gloeispanning

Hoewel bij de meeste ontvangbuizen een gloeispanningsvariatie van $\pm 10\%$ is toegestaan, is voor grotere buizen als gelijkrichtbuizen en thyatronen in het algemeen slechts 5% toegestaan gedurende langere tijd en 10% gedurende korte perioden.

Deze buizen hebben kathoden met een grote warmtecapaciteit en daardoor is een zekere opwarmtijd nodig. Om dit opwarmen tot de gewenste minimale werktemperatuur zo snel mogelijk te laten verlopen, is de eindtemperatuur hoger. Theoretisch wordt die eindtemperatuur bereikt na oneindig lange tijd, doch in de praktijk gaat het gelukkig sneller. Dat komt doordat de kathode nog extra wordt verwarmd door de stroom die de buis voert. De gasionen bombarderen

de kathode en hun energie wordt in warmte omgezet. Door dit alles wordt de temperatuur van de kathode vrij veel hoger dan minimaal nodig is voor de levering van de emissiestroom. Aan een hoge temperatuur is echter het nadeel verbonden dat meer barium verdampt dan van een koudere kathode. Deze bariumdeeltjes slaan neer op de onderdelen die een lagere temperatuur hebben dan de kathode en dat is meestal het rooster omdat dit het dichtst in de buurt is. Wanneer een buis zwaar wordt belast krijgt dit rooster een zo hoge temperatuur dat het zelf electronen gaat emitteren als gevolg van het opgedampt barium.

Deze roosteremissie kan aanleiding geven tot het onbestuurbaar worden van de buis omdat de roosterstroom, die dan door de rooster-serieweerstand loopt, daarin een spanningsval veroorzaakt, die de neiging heeft het rooster positief te maken. De negatieve voorspanning wordt dan kleiner en de buis gedraagt zich als een gelijkrichtbuis zonder stuuerelectroden. Indien onder deze omstandigheden ook nog een grote netspanningsvariatie zou optreden, worden de temperaturen nog hoger en de kans op storingen wordt groter. Derhalve doet men verstandig maatregelen te nemen om de gloeispanning zo nauwkeurig mogelijk in te stellen en constant te houden. Met behulp van aftakkingen op de primaire zijde van de transformator kan men elke gewenste nauwkeurigheid bereiken. Voor het geval dat de netspanning sterk fluctueert verdient het aanbeveling vóór de gloeispanningstransformator een stabilisator te schakelen die te grote afwijkingen tegengaat. Vooral bij buizen van groot vermogen is dit economisch zeker verantwoord.

Omdat bij industriële apparatuur betrouwbaarheid en levensduur de belangrijkste factoren zijn, moeten alle redelijke en economisch verantwoorde maatregelen genomen worden die hiertoe bijdragen. Het is natuurlijk niet zo dat een apparaat waarin de gloeispanning van de buizen niet constant wordt gehouden niet goed functioneert. Het kan jarenlang goed gaan, temeer omdat men niet altijd met overspanning van het net te maken heeft. Wil men echter alles uit de buizen halen wat er in zit, dan dient men voor een constante gloeispanning te zorgen. Een te lage gloeispanning is ook verkeerd, want dan bereikt

de kathode niet de optimale werktemperatuur en raakt hij vroegtijdig uitgeput.

Opwarmtijd van de kathode. Kwiktemperatuur

Bij met gas gevulde buizen (gelijkrichtbuizen en thyratrons) met oxyd-kathode wordt de minimale opwarmtijd, waarbinnen de kathode zijn minimale werktemperatuur bereikt, opgegeven. Zou de kathode stroom moeten voeren voordat zij op temperatuur is, dan zijn de gevolgen meestal catastrofaal, omdat zij dan nog niet in staat is voldoende electronen te emitteren. De boogspanning van de buis loopt daardoor op en een ontoelaatbaar hevig ionenbombardement doet stukken van de emitterende laag van de kathode vliegen. Iedere keer dat dit gebeurt, wordt de levensduur van de buis met tientallen uren verkort. Het in acht nemen van de opwarmtijd is daarom van het grootste belang.

Bij buizen met een kwikdampvulling komt er nog een andere factor bij, namelijk de temperatuur van het gecondenseerde kwik. Zolang er vloeibaar kwik in de buis aanwezig is, wordt de dampdruk namelijk bepaald door de temperatuur van de koudste plek in de buis. Hier condenseert het kwik en de temperatuur van deze plaats is dus maatgevend voor de dampdruk. Is deze temperatuur te laag, dan is de dampdichtheid onvoldoende en zijn er dus te weinig gasmoleculen aanwezig voor het ionisatieproces. Dit heeft — al is de kathode voldoende heet — eveneens een hevig bombardement door de kwikionen tot gevolg met hetzelfde resultaat als bij een te koude kathode. Daarom wordt bij kwikdampbuizen een optimale kwiktemperatuur opgegeven naast de bedrijfsgrenzen die meestal bij 40 en 80 °C liggen. Gelukkig kan men zonder al te nadelige gevolgen reeds inschakelen bij een kwiktemperatuur van 20 à 25 °C. De warmteontwikkeling door de stroom zorgt dan wel voor het snel bereiken van de bedrijfstemperatuur. Bij omgevingstemperaturen beneden 20 à 25 °C moet men de kathode verwarmen tot een kwiktemperatuur van minstens 20 à 25 °C bereikt is, alvorens anodestroom mag vloeien. Van thyratrons wordt daarom dikwijls nog een kathode-opwarmkromme gegeven (zie fig. 14) die aangeeft hoeveel graden de buis na een zekere tijd warmer wordt door de ingeschakelde gloeispanning. Te-

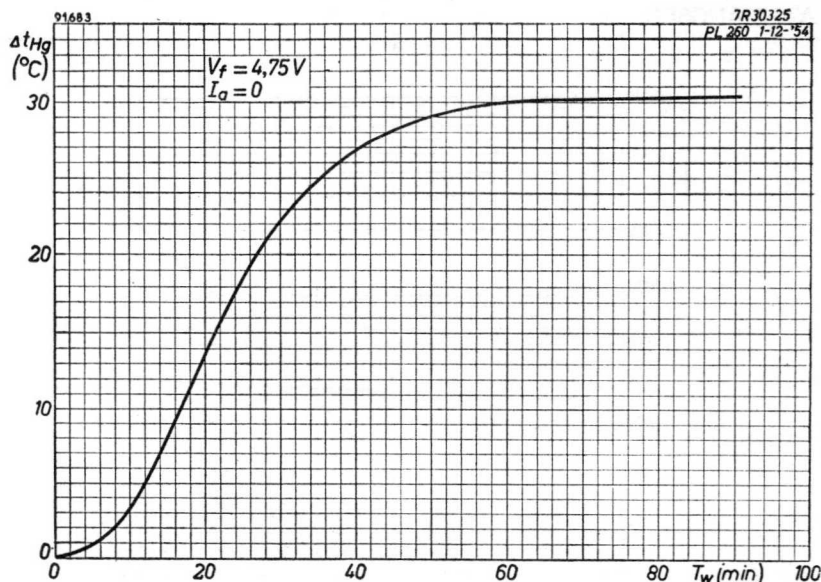


Fig. 14

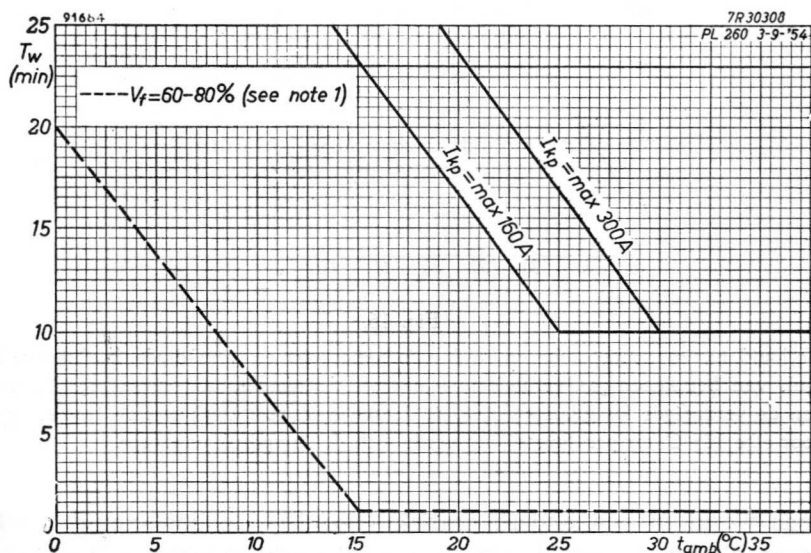


Fig. 15

Wachtijd-kronnie van thyatron PL 260. De vereiste opwarmtijd van de cathode hangt af van de omgevingstemperatuur en de piekstroom, die de buis moet leveren zodra anodestroom gaat vloeien. De gestippelde lijn geeft de heropwarmtijd weer in geval de vloei spanning gedurende lange rusttijden (b.v. des nachts) tot 60 à 80% van de nominale waarde wordt verminderd.

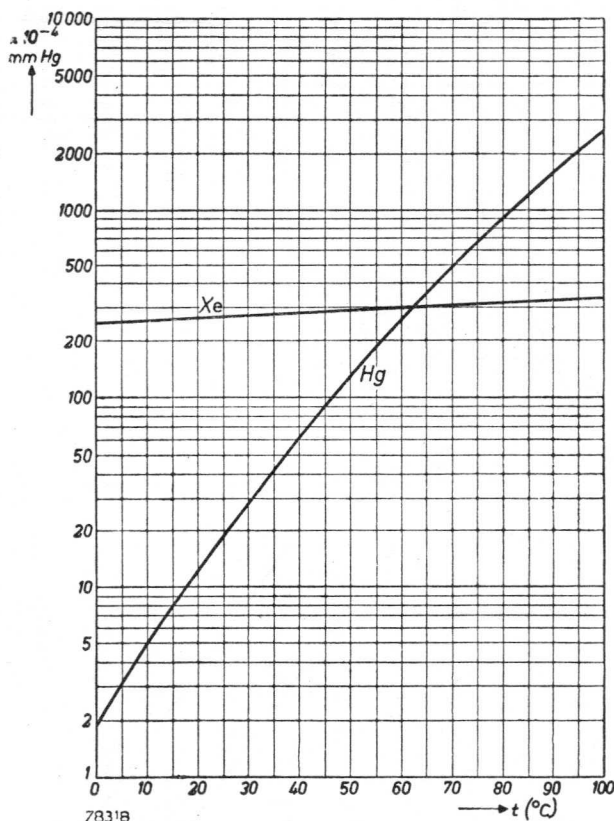


Fig. 16.

Verband tussen temperatuur en druk van xenon-gas en verzadigde kwikdamp. De druk van het xenon-gas verandert weinig als de temperatuur verandert. De druk van de verzadigde kwikdamp verandert daarentegen zeer sterk met de temperatuur; voor elke 10° C. temperatuurstijging verdubbelt de dampdruk ongeveer.

vens wordt in een andere grafiek (fig. 15) de opwarmtijd aangegeven als functie van de omgevings- of kwiktemperatuur, zodat men hieruit direct kan aflezen hoe lang voorgewarmd moet worden. Overschrijden van de bovengrens van de kwiktemperatuur is gevaarlijk met het oog op terugslag die optreedt doordat de gasdruk te hoog wordt. In dit temperatuurgebied betekent 10° C ongeveer het

verdubbelen van de kwikdampdruk! Door deze te hoge gasdruk ontstaat een gunstige situatie voor een stroom van de anode naar de kathode, dus in de richting waarin de buis geen stroom mag voeren en dit betekent meestal een kortsluiting met alle onaangenaamheden van dien. Het terugslaan kan ook nog door andere oorzaken tot stand komen.

Buizen die alleen met edelgas zijn gevuld zijn veel minder kritisch wat de temperatuur van de gasvulling betreft dan kwikdampbuizen. Dit spreekt vanzelf omdat de hoeveelheid gas in een met edelgas gevulde buis constant is en een temperatuurverhoging van het gas hier een gasvermeerdering geeft overeenkomstig de wet van Boyle-Gay Lussac. De temperatuurgrenzen voor deze buizen lopen dan ook in de meeste gevallen van -75 tot $+90^{\circ}$ C. Het voordeel van dit soort buizen is dat ze voor alle practisch voorkomende temperaturen geschikt zijn, wat vooral voor militaire apparatuur belangrijk is. Hier speelt het nadeel, dat de levensduur van dit soort buizen korter is dan van kwikdampbuizen, geen rol. Edelgas heeft namelijk het nadeel dat het op de duur door de onderdelen in de buis wordt geabsorbeerd en dus niet meer vrij aanwezig is. De gasdruk neemt daardoor zodanig af, dat de buis onbruikbaar wordt. De snelheid waarmee dit gebeurt hangt af van de zg. „commutatiefactor”, waarop wij hier niet verder ingaan. Het zij voldoende te vermelden dat dit „hard” worden van de buis optreedt door en tijdens het gebruik. Indien een buis rustig in een magazijn blijft liggen, gebeurt er niets. Kwikdampbuizen lijden aan hetzelfde euvel, maar daar bemerkt men nimmer iets van omdat de hoeveelheid kwikdamp voldoende blijft doordat een gedeelte van het vloeibare kwik dan gaat verdampen. Een buis die gevuld is met een mengsel van kwikdamp en edelgas heeft het voordeel dat men bij lagere temperatuur mag inschakelen (0° C) dan bij buizen met zuivere kwikdampvulling.

Direct na het inschakelen is alleen de edelgasvulling werkzaam en zodra de buis voldoende warm is neemt de kwikdamp deze taak grotendeels over. Hoewel de opwarmtijd dan kort is en de levensduur behoorlijk lang, heeft de gemengde vulling als nadeel dat de maximaal toelaatbare anodespanning lager wordt. In het algemeen kunnen edelgasbuizen tijdens bedrijf geen hogere anodespanning verdragen dan

1500 volt, terwijl een overeenkomstige kwikbuis een bedrijfsspanning van 2000 à 2500 V heeft. In een menggasbuis is de gasdruk hoger dan in een kwikdampbuis en derhalve is de toelaatbare spanning lager, namelijk 1250 à 1500 V.

De voorafgaande beschouwing geldt alleen voor zogenaamde laagspanningsbuizen, die een lange levensduur hebben. Dit zijn buizen met een sperspanning tot ongeveer 2500 V. Gelijkrichtbuizen en thyratrons voor gebruik in zenders en hoogfrequent-verhittingsapparaten hebben inverse spanningen, tot 20 à 30 kV. De kwiktemperatuur van deze buizen is daardoor echter zeer beperkt, doch dat is geen groot bezwaar. Edelgasbuizen voor deze toepassingen bestaan ook, doch omdat de gasdruk in deze buizen laag is, is hun levensduur in het algemeen veel korter dan die van overeenkomstige hoogspanningskwikdampbuizen. Wil men een lange levensduur en een behoorlijke spanningsmarge, dan kiese men kwikdampbuizen. Voor industriële apparatuur is de minimaal vereiste kwikdamp temperatuur meestal geen bezwaar omdat in de ruimte waarin de apparatuur opgesteld is ook personeel moet werken en de temperatuur van het vertrek daarom alleen al goed moet zijn.

Mocht de kathodeopwarmtijd toch om één of andere reden te lang zijn, dan verdient het aanbeveling om gedurende de nacht en andere lange bedrijfsonderbrekingen de kathode te blijven verwarmen door de gloeistroomtransformator aan de primaire zijde tussen de phase en de nul te schakelen indien ze normaal tussen twee fasen aangesloten is. De kathoden blijven dan op een zodanige temperatuur dat ze na het terugschakelen van de transformator slechts korte tijd nodig hebben om de juiste werktemperatuur weer te bereiken. Men houdt op deze wijze tevens de kast waarin de apparatuur is ondergebracht op een temperatuur die iets hoger is dan die van de omgeving en daardoor wordt vochtneerslag gedurende koele perioden voorkomen. Condensatievocht kan isolatiefouten geven en daarom wordt soms wel eens een verwarmingselement in de kast ingebouwd om de temperatuur boven het dauwpunt te houden. Het reduceren van de gloeispanning van thyratrons op 60 à 80% van nominaal spaart een dergelijk verwarmingselement uit en verkort bovendien de opwarmtijd tot 1 à 2 minuten. Het energieverbruik speelt geen rol vergeleken bij de energie

die in bedrijfstijd wordt verbruikt, terwijl 's nachts de tarieven nog vaak lager zijn dan overdag.

Voor het bepalen van de levensduur der buizen telt de tijd dat de buizen op verlaagde gloeispanning hebben gestaan, niet mee, zodat men niet bang behoeft te zijn voor vroegtijdig defect raken van de buizen.

Inschakelstroomstoot

De kathodes van zendbuizen hebben in koude toestand een weerstand, die slechts 10% is van de weerstand in bedrijfstoestand. Het is duidelijk, dat het nodig kan zijn een serieweerstand in de primaire keten van de gloeistroomtransformator op te nemen, die een te grote inschakelstroom voorkomt en de daarmee gepaard gaande electrodynamische krachten op de gloeidraad vermindert. Is de draad ongeveer op de gewenste temperatuur, dan kan de begrenziingsweerstand worden uitgeschakeld. Het is niet altijd nodig deze extra weerstand toe te passen, omdat de wikkeling van de gloeistroomtransformator en de verbinding tussen transformator en zendbuis weerstanden vormen, die, gevoegd bij de spreidingszelfinductie van de transformator, een behoorlijke waarde hebben vergeleken bij de koude weerstand van de gloeidraad van de zendbuis.

Anodespanning

De maximaal toelaatbare anodespanning mag niet worden overschreden omdat dan terugslag zou kunnen optreden met de reeds vermelde gevolgen. Het is noodzakelijk deze maximale spanningen niet alleen te berekenen doch te meten in de schakeling met behulp van een oscillograaf. Er kunnen namelijk oscillaties en spanningsstoten optreden wanneer in een gelijkrichtschakeling een buis ontsteekt en de voorgaande buis dooft. De inverse spanning op de anode van de gedoofde buis overschrijdt dan soms de maximaal toegestane waarde, hoewel deze in de berekening ruimschoots beneden de grens blijft. Dit verschijnsel kan worden vergeleken met waterslag in waterleidingen wanneer de kraan plotseling wordt dicht gedraaid. Waterleidingbuizen kunnen daardoor springen. De spanningsstoten in gelijkrichters kunnen ook transformatoren en andere onderdelen overbelasten en tot terugslag

(arc back) van buizen aanleiding geven. Soms kan men dit voorkomen door het aanbrengen van een voorbelastingweerstand op de gelijkrichter die ca. 1% van de af te geven stroom voert. Als deze oplossing niet voldoende is moeten andere middelen worden toegepast. Met behulp van spanningsafhankelijke weerstanden of van dempcircuits, (bestaande uit condensatoren waarmee absorptieweerstanden in serie

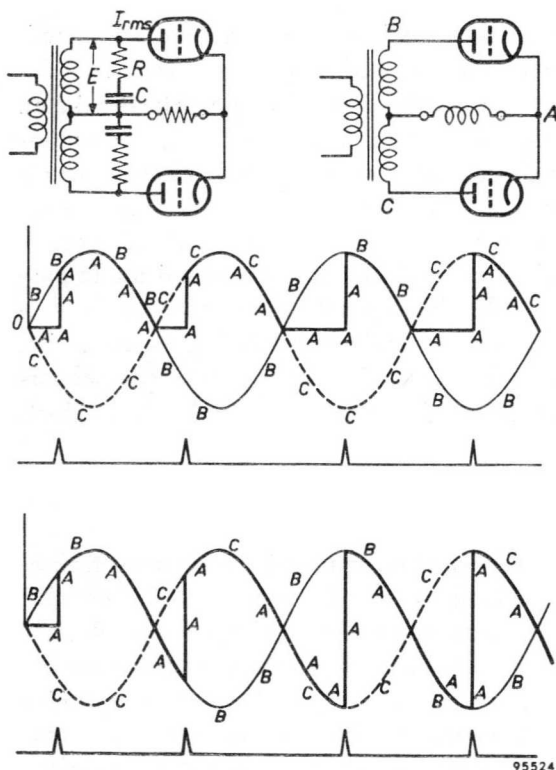


Fig. 17. Spanning over een thyatron met weerstands- of met inductieve belasting

In de bovenste figuur is de spanning tussen de anode en kathode van de thyatrons aangegeven, voor het geval dat de gelijkrichter met een ohmse weerstand is belast. Naarmate het ontsteekmoment dichterbij de top van de anodespanning komt, wordt de spanning tussen de anode en kathode van de bovenste buis in voorwaartse richting groter. De maximale waarde der tegenspanning is de topwaarde tussen B en C; deze waarde is onafhankelijk van het ontsteekmoment. Bij inductieve belasting blijft de bovenste buis ontstoken, ook al passeert de transformatorphasespanning de nullijn. Het punt A blijft dus de sinus van B

(getrokken lijn) volgen totdat de onderste buis door de impuls op het stuurrooster wordt ontstoken. In de onderste figuur is deze toestand getekend. De kathode en de anode van de onderste buis kunnen, als die buis ontstoken is, als doorverbonden worden beschouwd (boogspanning verwaarloosd). A volgt dus C. Dit betekent tevens dat A nu positief wordt ten opzichte van B, waardoor de bovenste buis dus gedoofd wordt. Naarmate de phaseverschuiving groter wordt, wordt ook de spanning die in voorwaartse richting tussen de anode en kathode van de thyatrons komt te staan

groter. Bij 90° is deze spanning het grootst: dan is zij namelijk gelijk aan de topwaarde van de tegenspanning.

Het bovenstaande is alleen waar voor een grote smoorspoel, die een phaseverschuiving van 90° toelaat zonder dat reeds eerder de stroom van richting verandert.

zijn geschakeld) die over de transformatorwikkelingen worden aangebracht, kunnen overspanningen eveneens worden weggewerkt. Proefondervindelijk moeten de juiste waarden van C en R worden vastgesteld (zie fig. 17), links boven). Een oscillograaf is het beste hulpmiddel om vast te stellen of een bepaalde combinatie resultaten oplevert. Als vuistregel geldt dat de schijnbare weerstand van de condensator ongeveer $500 \times$ zo groot moet zijn als de belastingsimpedantie van de transformatorphase die gedempt wordt en de serie-weerstand ongeveer $10 \times$ deze impedantie *). Onder belastingimpedantie wordt dan verstaan de effectieve spanning over de wikkeling gedeeld door de effectieve stroom door die wikkeling.

De anodespanning in voorwaartse richting, d.w.z. de anode positief ten opzichte van de kathode, mag ook niet te groot worden omdat zodoende een spontane ontlading optreedt tussen rooster en anode. De buis gedraagt zich dan als b.v. een neonlamp doordat de spanning tussen de elektroden de ontsteekspanning van het gas overschrijdt. Om deze reden mag de negatieve spanning van het rooster ook niet boven de daarvoor gepubliceerde waarde komen. De totale spanning tussen deze twee elektroden is namelijk de som van de positieve anodespanning en het bedrag van de negatieve roosterspanning. De hoogste waarde van de voorwaartse spanning op de anode treedt op in een gelijkrichtschakeling met roosterregeling en inductieve belasting wanneer het ontsteekmoment 90° wordt vertraagd. De afgegeven gemiddelde spanning is dan nul, doch de ene buis dooft op het ogenblik dat de spanning tussen zijn anode en de anode van de volgende buis, die dan op het punt staat te ontsteken, de topwaarde bereikt. Figuur 17 verduidelijkt deze situatie. Men dient er aan te denken dat de kathodes van de buizen met elkaar verbonden zijn en dat bij een geleidende buis er practisch geen spanningsverschil (10—14 V boogspanning) bestaat tussen de anode en de kathode.

*) Uit deze regels volgt dat $C \cdot R = 60$. Hieruit kan men direct de waarde van C in μF vinden.

Is de belasting niet inductief doordat bijvoorbeeld een afvlakfilter ontbreekt (wat een smoorspoelingang **moet** hebben!), dan worden de kathoden van de buizen nimmer negatief ten opzichte van de negatieve uitgangsklem (sterpunt van de transformator) zoals uit fig. 17 blijkt. De maximale voorwaartse spanning is dan hoogstens gelijk aan de topwaarde van de phasespanning van de transformator. Het was nodig even op deze gelijkrichtertheorie in te gaan omdat ten aanzien van dit punt nogal eens fouten worden gemaakt.

Anodestroom

Van de anodestroom worden twee waarden opgegeven, waarvan de gemiddelde die stroom is, die door een draaispoelampèremeter wordt aangegeven. Omdat de boogspanning praktisch constant is, is deze gemiddelde stroom een maat voor de verliezen in de buis en dus voor de temperatuurverhoging.

De topstroom of piekstroom is de grootste momentele waarde van de anodestroom die tijdens bedrijf mag optreden. Overschrijden van deze topstroom leidt tot vernieling van de kathode, omdat deze bij zijn werkt temperatuur niet in staat is meer electronen te emitteren dan in de topstroom worden gevraagd. Wordt meer stroom „getrokken”, dan heeft dit dezelfde gevolgen als die welke reeds bij het opwarmen van de kathode zijn besproken. Men doet er goed aan deze topstromen te meten met een oscillograaf.

Met gas gevulde buizen hebben in tegenstelling tot vacuümbuizen een zeer lage inwendige weerstand; in het werkgebied is deze weerstand zelfs praktisch nul. Dit heeft tot gevolg dat de impedantie van de **belasting** maatgevend is voor de stroom die door een met gas gevulde buis vloeit. De stroomsterkte wordt tijdens de ontlading door de buis niet meer door de buis zelf beïnvloed. Bij vacuümbuizen kan men de stroom door de buis op elk gewenst ogenblik beïnvloeden door de spanning van één of meer roosters te veranderen en de inwendige weerstand van de buis is een niet te verwaarlozen factor bij het bepalen van de stroom in het circuit.

Dit verschil in gedrag tussen met gas gevulde en vacuümbuizen heeft zijn typische voor- en nadelen. Afwezigheid van inwendige weerstand

vermindert de verliezen en is gunstig voor het regelen van gelijkrichters, d.w.z. een vergroting van de belasting heeft geen relatief grote spanningsdaling tot gevolg.

Daar staat tegenover dat regelen van de stroom slechts door verschuiven van de phase van het ontsteekmoment kan gebeuren. Dit is dus eigenlijk geen continue regeling maar een „alles of niets” regeling. Een vacuümbuis en een thyatron werken dus beide als ventiel. Ze laten de stroom slechts in één richting door. Een vacuümbuis regelt de stroom echter op een andere wijze, hij werkt als een gaskraan waarmee de stroom „geknepen” kan worden. Een thyatron regelt de gemiddelde doorgelaten stroom door de „kraan” in elke halve periode meer of minder lang geheel dicht te laten en dan plotseling geheel „open te draaien”. Afhankelijk van de verhouding tussen „dicht” en de „open” tijd wordt de gemiddeld doorgelaten stroom geregeld.

Dit verschil in eigenschappen van met gas gevulde en vacuümbuizen heeft voor de constructeur nog een ander gevolg waarmee rekening moet worden gehouden.

Bij gelijkrichters in radiotoestellen etc. is het gewoonte voor de afvlakking van de anode-voedingsspanning afvlakfilters aan te brengen. Deze afvlakfilters hebben hier meestal een condensatorringang (zie fig. 18). Om sputteren van de kathode van de gelijkrichtbuis tegen te gaan, wordt nog een weerstandje aangebracht tussen de eerste condensator en de buis, maar dat is dan ook alles. Bij met gas gevulde gelijkrichtbuizen **moet** elk filter met een smoorspoel beginnen (of met een weerstand, die dan een zo grote ohmse weerstand dient te hebben dat de regulatie onacceptabel groot wordt; zie fig. 19). Een con-

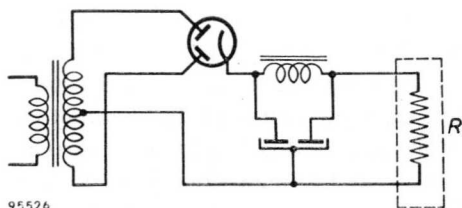


Fig. 18. Gelijkrichter met vacuümbuis. Het afvlakfilter mag een z.g. „condensatorringang” hebben. De inwendige weerstand van de vacuümgelijkrichtbuis voorkomt dat te hoge stroomstoten door de buis vloeien. Mocht de inwendige weerstand niet groot genoeg zijn, dan moeten eventueel extra z.g. „sputterweerstand” in de anodeleidingen van de buis worden aangebracht.

densator die direct op een gelijkrichter met gas gevulde buizen wordt aangesloten zou met enorme stroompieken worden geladen, omdat de buizen geen inwendige weerstand hebben die remmend werkt. Een goed gedimensioneerde smoorspoel gaat te snelle stroomveranderingen tegen, verkleint dus de topstromen en draagt bij in de verzwakingsfactor van het filter. Indien een thyatron in één of andere scha-

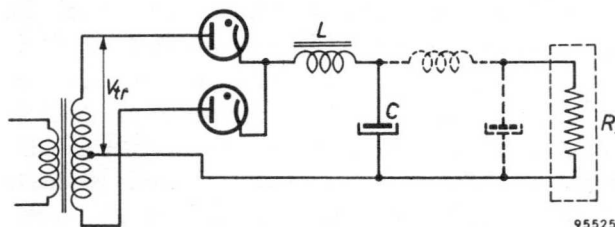


Fig. 19. Gelijkrichter met gasgevulde buizen.

Het afvlakfilter moet een z.g. „smoorspoelingang” hebben. De buizen hebben namelijk geen inwendige weerstand van enige betekenis en de kathodes zouden dus zwaar worden beschadigd als ze direct met de eerste filtercondensator werden verbonden. De smoorspoel verzet zich tegen stroomstoten en beveiligd derhalve de buis tegen vernieling van de kathode. Achter de eerste LC-kring van het filter kan, indien nodig, nog een tweede LC-filter worden aangebracht.

keling een condensator moet laden, dient er voor te worden gezorgd dat de piekwaarde van de stroom niet te groot wordt. Weerstanden of smoorspoelen van voldoende grootte moeten dus in serie met de condensator in het circuit worden opgenomen.

Kortsluit-topstroom

Deze stroom die in de buisgegevens meestal wordt aangeduid met surge-current of fault current, is de topwaarde van de anodestroom die hoogstens door een buis mag vloeien gedurende een zeer korte tijd bij een fout in de schakeling. In deze zeer korte tijd, die meestal in de buurt van 0,1 sec ligt, behoort dan de maximaal-beveiliging te werken en de stroom uit te schakelen. Wanneer de stroomstoot binnen de waarde van de surge-current blijft is er een redelijke kans dat de buis niet beschadigd wordt. De surge-current waarde is dus beslist geen stroomwaarde die tijdens normaal bedrijf periodiek mag optreden, doch zij dient als basis voor de berekening van de minimaal benodigde demping in het circuit.

Roosterspanning

Voor het stuurrooster worden enkele gegevens gepubliceerd die ook enige aandacht verdienen. Er is reeds gewezen op de betekenis van de maximaal toegestane negatieve spanning die het rooster mag hebben wanneer de buis geen stroom voert. Een andere reden voor het vaststellen van deze spanning is dat er ook een gasontlading kan optreden tussen rooster en kathode wanneer de spanning tussen deze twee elektroden te hoog wordt.

Roosterweerstand

De totale weerstand van het roostercircuit mag niet boven maar ook niet beneden de daarvoor bepaalde grenzen liggen. Een te grote weerstand is soms wel erg aantrekkelijk omdat men dan met kleine stroomstromen kan werken en in de regelcircuits hoge weerstanden kan toepassen. Het gevaar bestaat dan dat door een kleine toename van de roosterstroom als gevolg van lek of roosteremissie, de buis onbestuurbaar wordt omdat de negatieve voorspanning wordt opgeheven. Tijdens het gebruik kan men op de lange duur door opdampen van verstoven metaaldeeltjes op isolerende onderdelen in de buis een kleiner worden van de isolatieweerstand verwachten. Om geen moeilijkheden met de besturing te krijgen doet men verstandig de voorgeschreven maximale weerstand niet te overschrijden. De opgegeven maximale roosterweerstand is de **totale** weerstand tussen rooster en kathode van de buis en dus niet alleen de direct voor het rooster aangebrachte weerstand.

Voor het **ontsteken** van een thyatron is er altijd enige roosterstroom nodig die door het roostercircuit geleverd moet worden. Gewoonlijk ligt deze stroom in de orde van microampères, doch bij thyatrons van groot vermogen kan dit wel eens enige milliampères zijn. Dit is in verhouding tot de daarmee gestuurde anodestroomsterkte dan nog een verwaarloosbaar klein bedrag, ongeveer 0,10/00, doch het moet door het roostercircuit kunnen worden geleverd. Het roostercircuit mag dan niet een zodanige impedantie hebben dat de stuurspanningsbron deze stroom nit kan leveren. Gedurende de tijd dat er stroom vloeit, neemt het rooster de potentiaal aan van het plasma in de ontlading en elke poging om het een andere potentiaal te geven doet ogenblikkelijk een

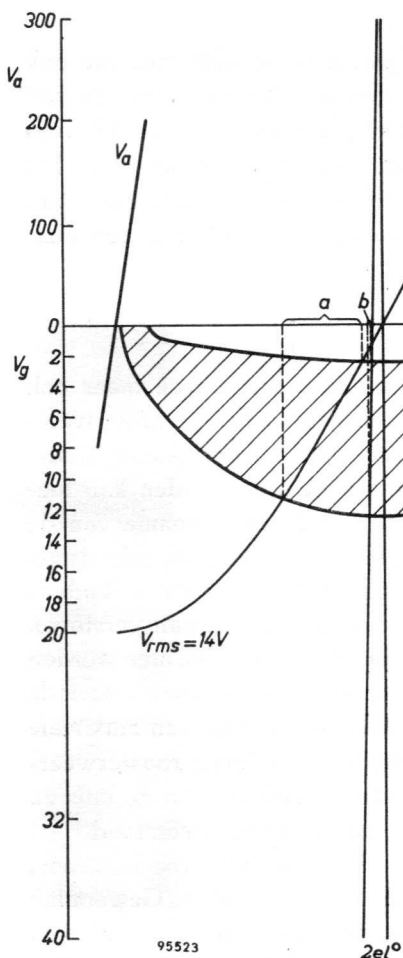


Fig. 20. Invloed van de roostersturing op de reproduceerbaarheid van de phase-aansnijhoek.

In de figuur is van de thyatron PL 5544 het verband aangegeven tussen de anodespanning en de daarbij behorende rooster spanningen waartussen een ontsteking van de buis mogelijk is. Dit is dus dezelfde relatie die bestaat bij de normale gepubliceerde kromme. Het gearceerde gebied is het gebied van de onzekerheid. Beneden de onderste lijn is de buis beslist gesperd, boven de bovenste lijn van het gearceerde gebied is zij beslist ontstoken. De anode en rooster spanning zijn op verschillende schaal getekend om het rooster spanningsgebied duidelijk te laten uitkomen.

Wordt de thyatron nu gestuurd door een sinusvormige wisselspanning van 14 volt effectief, die 90° naitjt t.o.v. de anodespanning, dan zal ontsteking van de thyatron kunnen plaatsvinden binnen het gebied a dat overeenkomt met 26 elektrische graden. Bestaat het stuurschakel uit een negatieve voorspanning met daarop gesuperponeerd een piekspanning, zoals de piektransformator 84590 levert, dan is deze onzekerheid in de ontsteking nog géén elektrische graad (gebied b). Waar grote nauwkeurigheid wordt vereist, is een scherpe piek dus de aangewezen oplossing. In vele gevallen zal men echter genoeg kunnen nemen met een sinusvormige wisselspanning, mits men deze maar groot genoeg kiest, zodat de flank voldoende steil is om het gebied a zo smal mogelijk te maken.

roosterstroom vloeien. De roosterweerstand moet ook een bepaalde minimale waarde hebben om een overschrijding van de roosterstroom te voorkomen. Voor de berekening daarvan kan men het rooster verbonden denken met de kathode.

Ontsteekarakteristiek

Een ontsteekarakteristiek van een thyatron is een op het oog tamelijk brede bundel. Men dient er echter rekening mee te houden dat deze karakteristiek past in het systeem van de absolute grensgegevens. Men zal dus onder geen enkele omstandigheid een buis vinden die buiten deze karakteristiekbundel ontsteekt. Bij het meten van deze bundel zijn de toegestane grenzen voor kwik of gastemperatuur in rekening gebracht, evenals de onvermijdelijke spreiding van buis tot buis. De negatieve voorspanning moet ruim voldoende zijn om onverhoeds ontsteken van de buis te verhinderen; de praktijk leert dat een waarde tussen -20 en -40 volt altijd voldoende is. Ogenschijnlijk kan men vrij grote verschillen verwachten in het ontsteekmoment wanneer men bijv. in een driephase-installatie drie thyatrons met een zelfde phaseverschuiving wil ontsteken. Indien voor dit ontsteken een piekspanning wordt gebruikt, levert dit geen moeilijkheden op, want de pieken hebben zulke steile flanken dat spreiding in de ontsteekarakteristieken vrijwel geen verschuiving van het ontsteekmoment tot gevolg kan hebben. (Zie fig. 20).

Bij de eenvoudige en in praktijk veel gebruikte ontstekingsmethode waarbij een sinusvormige wisselspanning, die 90° naait t.o.v. de spanning op de anode, op en neer wordt geschoven door een variabele voorspanning, krijgt men wel te maken met de karakteristiekspreiding. Gelukkig valt deze spreiding in de praktijk nogal mee omdat de bedrijfsomstandigheden van de buizen dan dezelfde zijn, zodat spreiding door verschil in buistemperatuur niet voorkomt. De totale spreiding treedt dus niet op en het zou bovendien nog zeer toevallig zijn wanneer de gebruikte buizen de uiterste karakteristieken zouden hebben. In de praktijk heeft men dus niet te maken met de totale spreiding van de ietwat somber uitziende karakteristiek die in de gegevens van de buis voorkomt. Een roosterwisselspanning van 50 à 70 volt effectief geeft

dan ook een te verwaarlozen verschil in ontsteekmoment van de buizen te zien.

Na deze toelichting bij en interpretatie van de gegevens van elektronenbuizen is het gemakkelijker juist te kiezen. Indien de anodestroom van een buis tijdens de levensduur praktisch altijd 70 à 80% van de gepubliceerde grenswaarde bedraagt en voor de anodetopstroom hetzelfde percentage aangehouden wordt, kan men van een conservatieve belasting spreken die voorwaarde is voor een lang en betrouwbaar leven van de buis. Dat betekent niet dat de buizen de gepubliceerde grenswaarden niet voortdurend zouden kunnen verdragen. Men mag deze toepassen, maar de levensduur zal aanzienlijk langer worden wanneer men de buis niet tot de grens belast.

Het zijn niet alleen elektronenbuizen waarvoor deze regel geldt, zij geldt evenzeer voor andere industriële producten, zoals b.v. auto's. Als een auto een max. snelheid van 120 km/uur kan ontwikkelen en met deze snelheid constant zou worden gereden, zou de levensduur aanzienlijk lager zijn dan het geval is bij een kruissnelheid van 80 à 90 km/uur. Dit is een ervaringsfeit, dat niet alleen slaat op auto's, maar ook op producten van de electrotechnische industrie: **conservatieve belasting verlengt de levensduur**. En dan worden met die producten niet alleen elektronenbuizen bedoeld, maar ook condensatoren, weerstanden, schakelaars enz. Bij elk van die onderdelen moet men er goed aan denken dat niet bij alle dezelfde grootte conservatief moet worden belast. Bij een condensator is het de spanning, bij een weerstand de stroom, bij een schakelaar het vermogen dat geschakeld wordt etc.