



MB 61!

MEETBRUG!

Met dank aan John Koster

voor C. R. en L.

Alhoewel bedoeld als instrument voor een amateur, is de MB 61 ook een lang niet te versmaden onderdeel van een eenvoudige service-apparatuur. Wij overdrijven niet door te beweren, dat een meetbrug — eenmaal ingeburgerd — op de Volt- en mA-meter na, het meest gebruikte instrument wordt. Is dit te verwonderen met zulk een enorm uitgebreid meetvermogen:

Capaciteit van 10 pF tot 100 μ F Weerstand van 1 Ω tot 5 M. Ω .

Doch de MB 61 doet nog veel meer. U kunt er alle soorten condensatoren, electrolytische inbegrepen, mee op kwaliteit beproeven, zelfinducties vergelijken, impedanties bepalen, transformatieverhoudingen meten. En dan is het tevens nog een lampvoltmeter en outputmeter... Doe uw voordeel met dit artikel en verrijk uw instrumentarium met dit ongemeen veelzijdige instrument.

De MUIDERKRING helpt u daarbij!

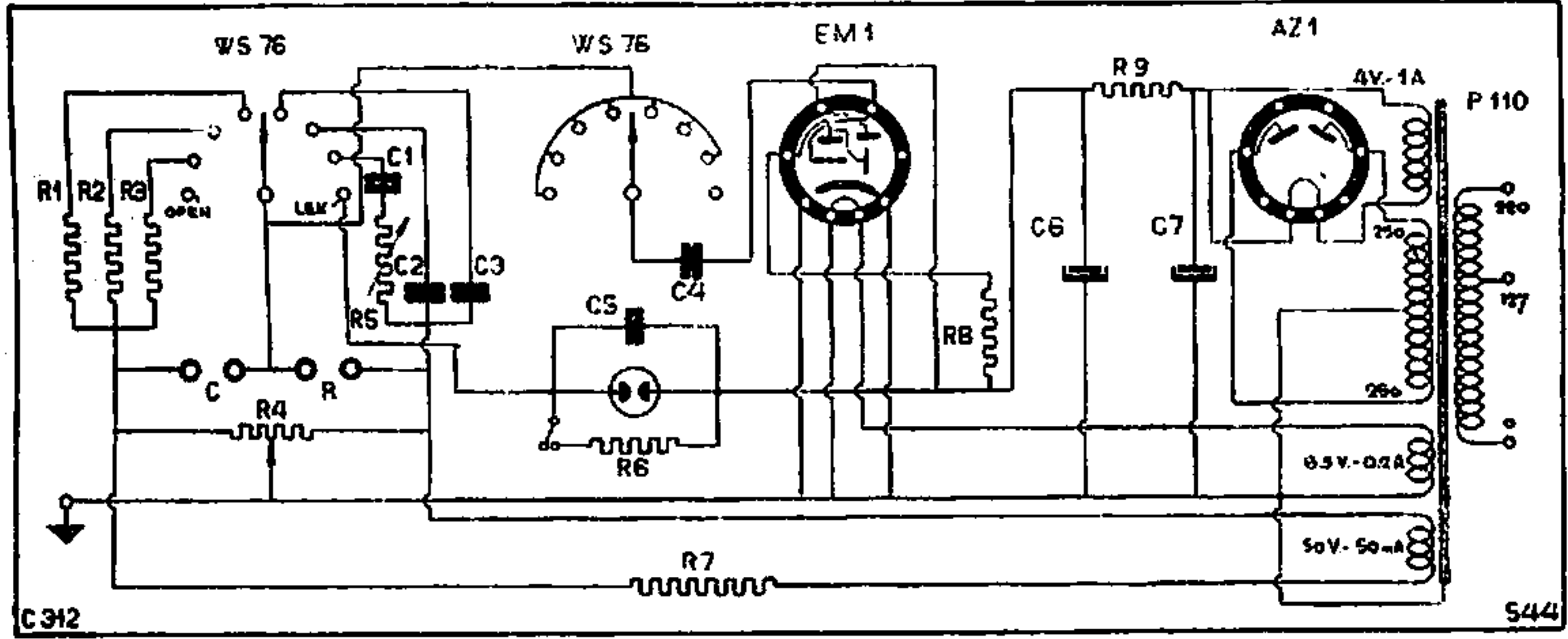
DE UITVOERING.

Het vitale onderdeel van de meetbrug is de potentiometer. De nauwkeurigheid van de instelling en het behoud van de lijking zijn immers afhankelijk van de kwaliteit van dit onderdeel. In de eerste plaats is natuurlijk een mechanisch degelijke uitvoering vereist, dus een behoorlijk passende as en een zoodanige uitvoering van het contact, dat een niet al te groot deel van de contactbaan

wordt geraakt. Een draadgewonden uitvoering verdient de voorkeur, doch een z.g. kool-type — mits van betrouwbaar fabrikaat — is ook zeer goed bruikbaar.

Een lineair weerstandsverloop is noodzakelijk, daar de schaalverdeling anders een vreemd en zeer afwijkend beeld zal vertoonen. De verhouding „1” valt dan b.v. niet meer in het midden.

De waarde is niet kritisch en kan liggen



SCHEMA-SLEUTEL MB 61.

C 1 - 2 μ F koker	} Cap. standaards.	R 1 - 100.000 Ω	} weerst. standaards.
C 2 - 0.01 " "		R 2 - 1.000 "	
C 3 - 100 pF keramisch		R 3 - 10 "	
C 4 - 0.001 μ F koker		R 4 - Pot. meter 500 à 5000 Ω lineair.	
C 5 - 0.5 " "		R 5 - " " 1000 Ω lineair.	
C 6 } 8 + 8 μ F electrol. 450 V. werkspanning		R 6 - 100.000 Ω 1 W.	
C 7 }		R 7 - 1.000 " 3 W.	
		R 8 - 2 Meg Ω	
		R 9 - 10.000 " 2 W.	

tusschen 500 en 5000 Ohm. In verband met de beschikbare brugspanning en de toelaatbare stroomsterkte alsmede de gevoeligheid is het niet gewenscht een lagere waarde te kiezen. Een andere reden om niet lager te gaan is de sprongsgewijze regeling, die ontstaat door de vrij dikke draad, die dan toegepast wordt voor de wikkeling. Anderzijds is een weerstand van hooge waarde weer eerder aan slijtage onderhevig.

De *standaardwaarden* behooren, willen zij althans in zekere mate die betiteling verdienen, binnen vrij nauwe grenzen de vereischte waarden te bezitten. Hoe hogere eischen men aan de te bereiken meetnauwkeurigheid stelt, des te nauwer liggen de tolerantiegrenzen voor de standards. Natuurlijk komt een grootere nauwkeurigheid tot uiting in de kostprijs van het geheel.

Men dient dus zelf te bepalen, in hoeverre een groote nauwkeurigheid gewettigd is.

Als werkplaatsinstrument en in het algemeen voor amateurdoeleinden achten wij een nauwkeurigheid van 2% ruim voldoende.

BOUWWIJZE.

De illustraties en de bouwtekening geven een duidelijke indruk van de manier waarop wij de meetbrug uitvoerden. Men is echter geheel vrij om deze constructiewijze naar eigen inzicht te wijzigen, wanneer dit in verband met beschikbare materialen beter uitkomt. Van critische punten, die de goede werking zouden kunnen beïnvloeden is hier n.l. geen sprake.

Wij monteerden een deel van de onderdeelen als: voedingstransformator, afvlakcondensatoren en lampvoetjes op een bodemplankje en de rest op een paneeltje van z.g. board, zooals voor wand- en plafondbekleding gebruikt wordt. Pertinax zou natuurlijk ook bruikbaar zijn, ware het niet dat het gladde oppervlak daarvan zich minder goed leent voor het opplakken van een schaalverdeling of van de paneelbedekking die wij verkrijgbaar stellen. Beide deelen worden eerst voor zoover mogelijk gemonteerd. Daarna worden ze samengevoegd en onderling verbonden. Om een stevig verband tusschen paneel en bodemplank tot stand te brengen, kan men op verschillende wijzen te werk gaan. Wij hebben de voedingstransformator van een paar metalen hoekjes voorzien, waarvan het paneel middels een paar bouten vastgezet werd. Aan de voorzijde zijn twee beugels van bandijzer aangebracht. De afstand tusschen bodemplank en paneel wordt bepaald door hetgeen er tusschen moet passen. Tenzij men beschikt over een klein formaat gelijkrichtbuis, zal deze boven de voedingstransformator uitsteken. Een beetje extra ruimte is bovendien noodig, wil men niet voor het

feit komen te staan, dat de pit er niet in of uit kan!

Het „oog” is vrij kort; dit heeft het voordeel, dat wanneer het voetje op de bodemplank geschroefd wordt, de bovenzijde van het oog nog een behoorlijk eind onder het vlak van het paneel blijft. Men heeft dan geen hinder van storend licht en spiegeling. Een zwart kokertje, om de buis passend en aansluitend tegen de onderzijde van het paneel, brengt hierin nog verbetering. Wie het oog liever aan de „oppervlakte” heeft, kan het voetje naar behoefte verhoogen.

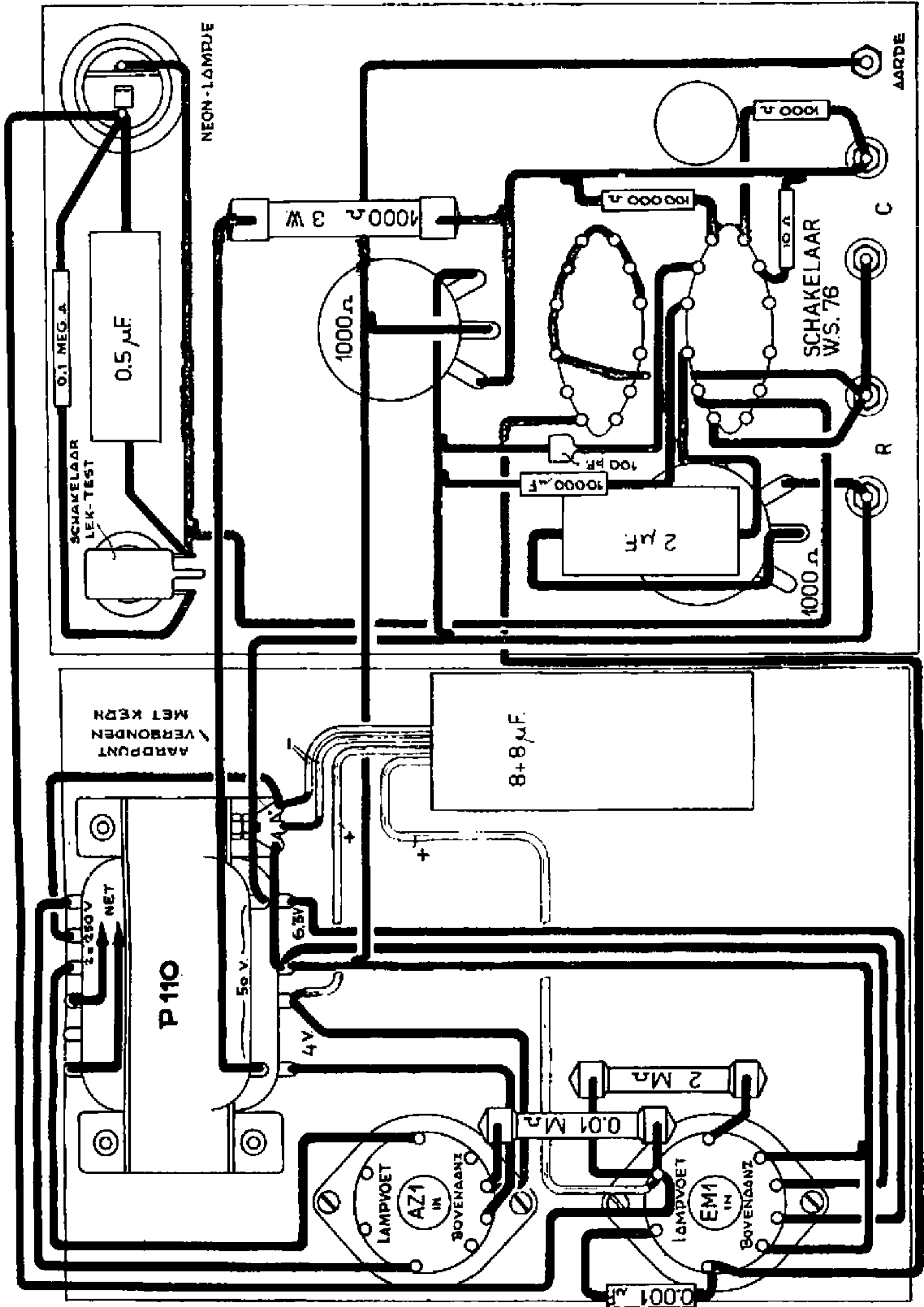
Om bij het controleeren van mica- en papiercondensatoren op isolatie geen hinder te ondervinden van lek in het materiaal van het paneel tusschen de klemmen, verdient het aanbeveling in elk geval de twee binnenste te voorzien van isolatieringen, b.v. van eboniet of trolitul.

De binnenste „C” klem moet als plusklem worden aangeduid. Het eenvoudigst kan men een roode klem nemen van het zelfde type als de overige, doch als iets dergelijks niet verkrijgbaar is, kan men zich ook zeer goed behelpen door het bovenvlak van de isolatiering even rood te lakken.

DE PRINCIPESCHAKELING EN WERKING.

Zonder moeite onderscheidt men in het schema links de eigenlijke brugschakeling met de potentiometer, waarvan het schuifcontact aan aarde ligt. Met behulp van de bereikschakelaar wordt de gewenschte standaardwaarde in serie met de te meten impedantie gelegd. Wanneer de onbekende impedantie een capaciteit is, dan worden de klemmen „C” benut; de capaciteitsstandaards liggen parallel aan de „R” klemmen. Omgekeerd staan de „R” standaards parallel aan de „C” klemmen. Zooals in het voorgaande reeds werd uiteengezet, zijn het dubbele stel aansluitklemmen en de plaatsverwisseling van de standaards noodig om met één enkele schaal, voor weerstand en capaciteit beide, uit te kunnen komen. Aan het verbindingspunt van de bekende en de onbekende impedantie ligt de nulindicator. De brugspanning wordt betrokken van een extra wikkeling op de voedingstransformator, die 50 V. bij maximaal 50 mA. levert. Om te voorkomen dat onder bepaalde omstandigheden — b.v. bij het doorverbinden van de buitenste aansluitklemmen of het meten van lage weerstanden in de 10 Ω stand — deze wikkeling overbelast zou worden, is in één der leidingen naar de potentiometer een 1000 Ω 3 Watt weerstand opgenomen, die de stroomsterkte automatisch tot 50 mA. begrenst. Van de beide uiterste standen van de bereikschakelaar is er één bestemd voor z.g. „open brug”-metingen, waarbij een uit-

BOUWTEKENING MEETBRUG MB 61.



wendige standaard wordt toegepast, waarover straks meer, en één voor lekstroomcontrôle. Daartoe wordt op de condensator, die normaal — met inachtneming van de polariteit — aan de „C” klemmen aangesloten is in de „lek”-stand via het neonlampje een spanning van 250 à 300 V. gebracht.

Wanneer de condensator „lekt” en dus een gelijkstroom doorlaat, gaat het neonlampje gloeien. Om de gevoeligheid van deze schakeling te verhoogen is aan het neonlampje een papiercondensator van 0.5 μ F. parallelgeschakeld.

Als nu ook maar een zeer geringe lek aanwezig is zal deze condensator geleidelijk opgeladen worden, tot het ontsteekpunt van het neonlampje bereikt is en dit „doorslaat”. In zeer korte tijd daalt de spanning aan de 0.5 μ F condensator, tot het punt bereikt is, waar het lampje dooft. De lading begint nu weer opnieuw, tot er weer een doorslag volgt enz. enz. Hoe grooter de lekstroom is, des te sneller volgen de ontladingen elkaar op. Door de tijdsduur tusschen twee flikkeringen van het neonlampje te schatten, krijgt men een indruk van de grootte van het isolatielek. Zoo komt b.v. één flikkering per seconde ongeveer overeen met een lek van 30 Megohm. Bij zeer lage lekwaarden blijft de lamp doorbranden, aan de meer of minder helle gloed kan men de stroomsterkte eenigermate beoordeelen.

Electrolytische condensatoren hebben de eigenschap immer een lekstroom door te laten, die bij goede exemplaren zeer gering behoort te zijn, doch toch altijd nog veel grooter blijft dan die van een slechte papiercondensator. Daarom is voor dit soort condensatoren een voorziening getroffen in de vorm van een parallelweerstand over het neonlampje, middels een schakelaartje te verbinden. Een groote lekstroom veroorzaakt in de weerstand zooveel spanningsval, dat de ontsteekwaarde van het lampje bereikt wordt.

De schakelaarsectie, waarover het stuurrooster van het „oog” aan de brug verbonden is, staat ook in verband met de lekstroomcontrôle. In de „lek”-stand wordt n.l. het oog losgemaakt van de brug om te voorkomen, dat er hevige spanningsstooten op terecht komen, zooals ontstaan bij het verbinden en losmaken van een condensator.

Het zal opvallen, dat het rooster over een condensator is aangesloten, doch dat geen lekweerstand is aangegeven. Deze is opzettelijk weggelaten om de ingangsimpedantie van het oog als nulindicator zoo hoog te maken als maar eenigszins mogelijk is. Zelfs met de hoogste gangbare waarde als lekweerstand is de gevoeligheid bij het meten van zeer hoge impedanties, dus kleine capaciteiten en groote weerstanden, zeer veel geringer dan geheel

zonder lekweerstand. Toch is er „vanzelf” een lek aanwezig tengevolge van de onvolkomen isolatie van roostercondensator, lampvoet en de lamp z.e.f. Het is echter niet onmogelijk dat de isolatiewaarden zoo groot zijn, dat de lading van de roostercondensator te veel tijd noodig heeft om te kunnen afvloeien, waardoor de werking van het oog te veel vertraagd wordt. In dit uitzonderlijke geval zou men b.v. een andere minder goede roostercondensator kunnen zoeken.

Het zou ook mogelijk zijn, de roostercondensator weg te laten en het rooster dus direct aan de brug te leggen; het rooster krijgt dan wisselspanning toegevoerd, waarop het oog ook reageert.

Een condensator vóór het rooster bewerkt echter dat gelijkrichting (roosterdetectie) ontstaat en dat het rooster een negatieve spanning aanneemt, overeenkomstig de piekwaarde van de toegevoerde wisselspanning. Het blijkt, dat deze schakeling een merkbaar scherpere aflezing oplevert.

Het bereik van de brug loopt voor weerstanden van 1 Ohm tot 1 Megohm, of — indien men de overlap 10 tot 50 meetelt — tot 5 Megohm. De meetgrens ligt echter veel hoger; met behulp van een geschikte uitwendige standaard komt men in de „open brug”-stand zeker tot 1000 Megohm. Voor alle normale toepassingen zijn de ingebouwde standaards echter toereikend.

Voor capaciteiten is het bereik eveneens aan de eischen der practijk aangepast; het loopt van 10 pF tot 20 μ F en met gebruikmaking van de „overlap” tot 100 μ F. De beteekenis van het „overlap”-bereik is reeds eerder uiteengezet. Voor nauwkeurige metingen is het te gedrongen, doch men kan er toch b.v. zeer goed waarden van 32 en 50 μ F mee onderscheiden.

Bij de keuze van de grootste capaciteitsstandaard is afgeweken van het „decimale stelsel” en is i. p. v. 1 μ F een waarde van 2 μ F genomen. Dit leverde het voordeel, dat de zoo veelvuldig voorkomende waarden van 8-32 μ F zich beter laten meten. Weliswaar valt een klein deel van het bereik, n.l. van 0.2-0.1, in het overlapgebied, doch dit levert practisch nog weinig of geen bezwaar op.

In serie met de standaard van 2 μ F is een regelbare weerstand opgenomen, die — zooals reeds werd uiteengezet — noodig is om bij het meten van een condensator met serie- of parallelweerstand de brug in evenwicht te kunnen brengen; de grootte van de benodigde weerstand is een maatstaf voor de kwaliteit van de betreffende condensator. Speciaal bij electrolytische condensatoren is dit een belangrijk punt.

Over de schakeling van de brug valt tenslotte nog op te merken, dat het overigens geheel

normaal uitgevoerde voedingsdeel een afvlakweerstand R 9 bevat. Het doel hiervan is niet bepaald het verkrijgen van afvlakking — dit zou hier weinig zin hebben — doch meer de beveiliging van transformator, gelijkrichter en neonlamp bij kortsluitingen in de „lek”-stand.

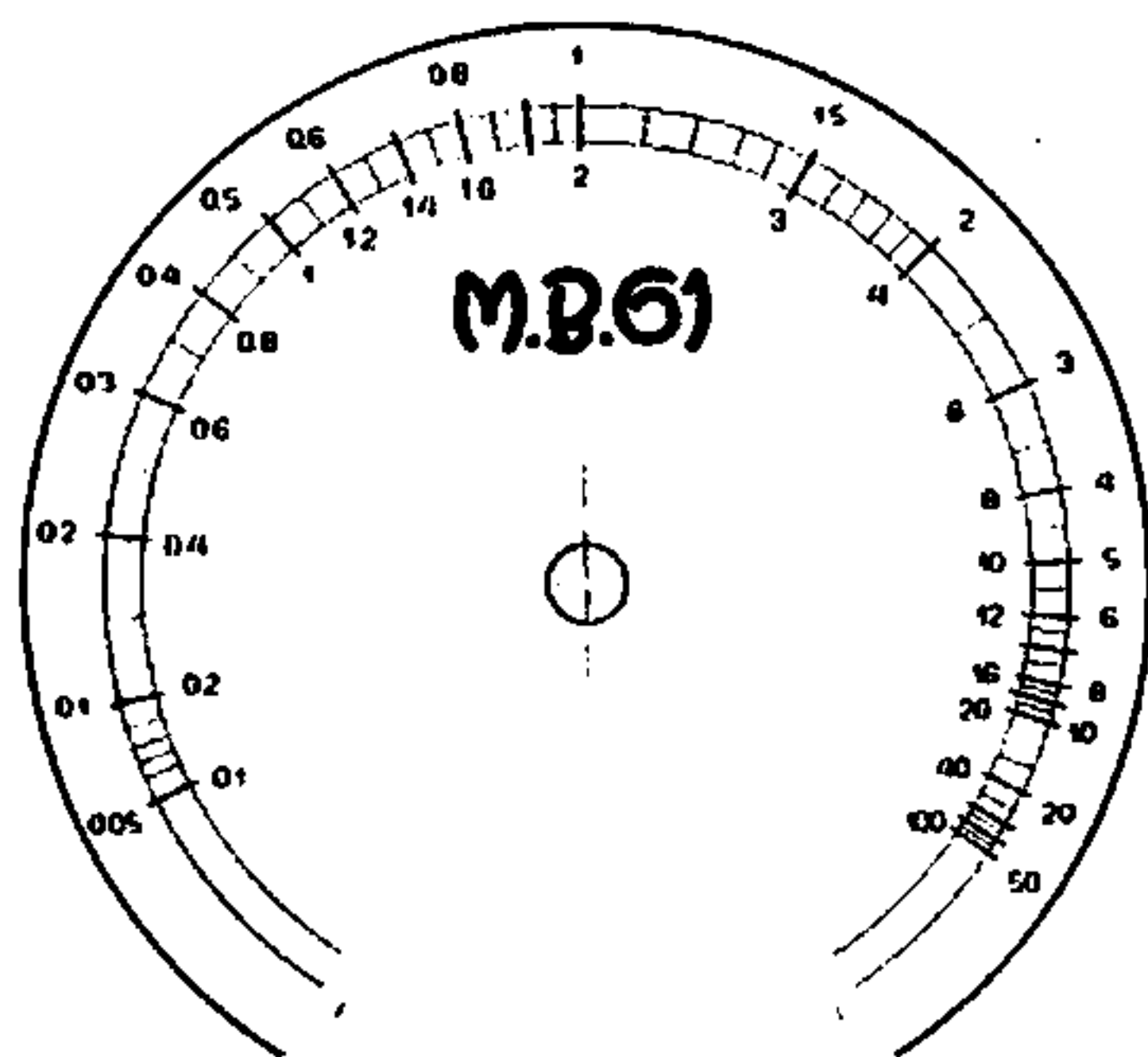
HET IJKEN.

Zoals wij in het vorig Radio-Bulletin reeds aankondigden hebben wij er iets op gevonden, waardoor elke bouwer van de MB 61 in staat wordt gesteld, zelf de ijking van de schaalverdeling te verrichten. Volgens een elders in dit RB uiteengezette regeling stelt de „Muiderkring” een stel geijkte weerstanden, in een kastje ondergebracht, ter beschikking van degenen die de MB 61 voltooid hebben. Aanwezig zijn de volgende waarden: 100 Ohm, 2×200 Ohm, 500 Ohm, 1000 Ohm, 2×2000 Ohm en 5000 Ohm.

Door onderling combineeren van deze waarden zijn, desgewenscht opklimmend met 100 Ohm, alle waarden liggend tusschen 100 en 10.000 (of eigenlijk 11.000) Ohm instelbaar. Dit is precies wat noodig is om in de „1000 Ohm” stand en uitgaande van de ingebouwde 1000 Ohm standaard de schaalverdeling van 0.1 tot 10 te kunnen aanbrengen. Alvorens aan het eigenlijke ijken te beginnen controleert men eerst of de potentiometer werkelijk een lineair weerstandsverloop heeft. Men zet daartoe de wijzer zoodanig op de as vast, dat in de beide eindstanden deze evenver van de uiteinden van de schaalboog verwijderd blijft. Als nu 1000 Ohm op de „R” klemmen wordt aangesloten, dan zal bij een lineaire potentiometer het oog precies in het midden van de boog brugevenwicht aangeven. Mankeert hier een weinig aan, dan kan men de knop t.o.v. de as wat verstellen. Een groot verschil is echter niet op te heffen, daar een der einden van de schaalverdeling dan buiten de boog zou vallen. De verhouding „1” zal dan buiten het midden vallen. Dit doet aan de goede werking niets af; het is echter een „schoonheidsgebrek”.

Het is een goed idee, om nu reeds de eindstanden van de wijzer door een klein streepje aan te geven. Mocht de knop nog eens afgenomen moeten worden of b.v. losraken, dan is zonder moeite de juiste stand weer terug te vinden. Vervolgens kan men de stand voor verhouding „1” met een streepje aangeven, waarbij men dan het cijfer 1 zet. Voorloopig geschiedt dit met zacht potlood, later kan de schaal in inkt geteekend worden. Het is natuurlijk zaak, speciaal bij de ijking uiterst zorgvuldig het nulpunt in te stellen. Het beste is, dit meermalen te herhalen, tot men voldoende zeker is van het juiste punt. Vervolgens brengt men de ijkweerstand op

900 Ohm, door 500 Ohm en 2×200 Ohm in serie te schakelen en vindt zoo de verhouding 0.9. Dan volgt 800 Ohm ($500 + 200 + 100$) en zoo vervolgens tot 100 Ohm (0.1). Aan de andere zijde van „1” volgt 1.5 (1500 Ohm = $1000 + 500$) terwijl men nog tusschenverdelingen aanbrengt (1.1, 1.2, 1.3, 1.4). Aan de hand van het voorbeeld kan men verder zien, welke waarden nog noodig zijn tot „10”. Tusschengelegen merkstreepjes, die niet door directe ijking te verkrijgen zijn, worden geschat. Nu volgt nog aan weerszijden het „overlap”-gedeelte. Boven 10 ikt men dit door over te gaan op bereik „10 Ohm”. De ijkwaarde 100 Ohm komt dan weer overeen



met verhouding 10, 200 Ohm met 20, enz. Voor het andere einde van de schaal gaat men over op „100.000 Ohm”. 10.000 Ohm komt daar overeen met 0.1, 9.000 Ohm met 0.09, 8.000 Ohm met 0.08, enz. Heeft men aldus de verdeling compleet, dan kan de schaal verder in inkt afgewerkt worden. Wie zelf niet over de noodige vaardigheid op dit terrein beschikt, doet beter daarvoor de hulp van een teekenaar in te roepen. Het oog wil immer ook wat en vooral cijfers teekenen is niet ieders werk.

De cijfers voor het 2 μ F bereik brengt men bij voorkeur in kleur aan. Als het tekenwerk gereed is, geeft men het heele paneel een flinke schoonmaakbeurt met vlakelastiek en daarna kan het, ter voorkoming van opnieuw vuil worden, bestreken worden met een kleurloze vernis. Schilderijvernis is o.a. zeer goed, mits enkele malen opgebracht. Voorts ook, voor wie daarover beschikt, een dunne oplossing van trolitul in benzol.

HET WERKEN MET DE MB 61.

Weerstandsmeting. Alle weerstanden met weinig of geen zelfinductie (dus geen transformator- of smoorspoelwikkelingen!) en waar-

den tusschen 0.5 Ohm en 50 Megohm kunnen zonder meer aan de klemmen R gemeten worden. Is de waarde bij benadering bekend, dan kiest men natuurlijk direct het bereik waarin deze valt. Totaal onbekende waarden probeert men eerst op het 1000 Ohm bereik te meten. Gaat het oog open in het overlapgebied beneden 0.1 of zelfs nog daarbuiten, dan gaat men over op „10 Ohm”. Komt men daarentegen boven 10, dan gaat men over naar het 100.000 Ohm bereik.

De *spreekspoelweerstand* van e.d. luidsprekers is zonder meer te meten, nadat men de spoel aan één zijde heeft losgemaakt van de uitgangstransformator. Bij 50 Hz. meet men echter nagenoeg de gelijkstroomweerstand. Om de impedantie bij een gemiddelde toonfrequentie (400 Hz.) te weten te komen verhoogt men de gemeten waarde met 25% . De *primaire impedantie* van een met weerstand belaste transformator — een uitgangstransformator b.v. — is ook te meten, zij het dan zeer globaal. Het oog gaat slechts gedeeltelijk open, daar de transformator geen zuivere weerstand vertegenwoordigt. Meestal meet men een waarde, die vrij veel te laag is. Hoe groter en beter de transformator is, des te juister is ook de uitkomst.

CAPACITEITSMETING.

Condensatoren meet men aan de C klemmen. Bij electrolytische typen heeft men bovendien rekening te houden met de polariteit. Het is raadzaam, alvorens tot de meting over te gaan, eerst de lekproef toe te passen. De bereikschakelaar komt daartoe in de stand „lek”. Een kortstondige flikkering van het neonlampje bij het overschakelen wijst op een laadstroom en heeft verder niets te beduiden. Voor papier- en micacondensatoren moet het wipschakelaartje in de overeenkomstige stand staan. Blijft de neonlamp nu aanhoudend branden, dan is de condensator hevig lek of doorgeslagen en dus onbruikbaar. Snel op elkaar volgende flikkeringen wijzen op een vrij groote lekstroom. Voor de meeste doeleinden is zulk een condensator ongeschikt; hoogstens is hij nog te gebruiken als parallelcapaciteit over een lage weerstand, doch vervangen is beter. Overigens hangt het van de plaats in de schakeling af, hoeveel lek toelaatbaar is. De hoogste eischen worden gesteld aan scheidingscondensatoren in weerstandsversterkers; een zeer gering lek kan de goede werking daar reeds verstoren. Eén flikkering in minstens 10 seconden is vaak geen overdreven eisch.

Electrolytische condensatoren vereischen voor juiste beoordeeling ook eenig inzicht in hun eigenschappen. Zoo heeft b.v. de lekstroom een zeer veranderlijke waarde; als een electrol. condensator langen tijd niet onder

spanning heeft gestaan en daarna weer eens wordt aangesloten, dan is de lekstroom aanvankelijk zeer groot doch zinkt eerst snel en daarna geleidelijker tot een redelijke waarde. Daarmee kan echter geruime tijd gemoeid zijn, tot wel een kwartier of nog langer.

Als bij de contrôle van een „electroliet”, die nog kort geleden in gebruik was, de neonlamp niet kort na het aansluiten dooft, dan is de lekstroom te groot. Condensatoren, die uit de voorraad komen, geve men de tijd om opnieuw te formeeren. Daar de contrôlespanning 250 á 300 V. bedraagt, is het niet mogelijk om condensatoren met een lagere bedrijfspanning op lekstroom te onderzoeken. Als de lekproef bevredigend is verlopen kan de capaciteit gemeten worden. Daarbij kan het noodig zijn de serieweerstand van de 2 μ F standaard, die normaal altijd in de nulstand staat, meer of minder ver open te draaien alvorens het oog een scherpe nulindicatie geeft. Dit duidt op inwendige weerstand, die welhaast altijd aanwezig is, doch niet al te groot mag worden, daar dan van de afvlakkende werking te veel verloren gaat. Als regel kan men aannemen dat een condensator waarbij de weerstand meer dan half opengedraaid moet worden voor de meeste doeleinden ongeschikt is te achten. In het algemeen geeft een onscherpe aanwijzing van het oog bij capaciteitsmeting aan, dat de kwaliteit van de condensator in kwestie te wenschen overlaat, b.v. door vocht, overgangsweerstand of een diëlectricum dat verliezen oplevert. In de capaciteitsmeting treedt dan tevens een merkbare miswijzing op; men meet n.l. een te hooge waarde. Onscherpe aanwijzing kan voorts — vooral bij het meten van kleine capaciteiten en groote weerstanden — nog optreden door lichtnetinductie op de aansluitdraden; korte verbindingen zijn daarom gewenscht, alsmede een aardverbinding. Het is meestal mogelijk om onderdeelen die in een schakeling opgenomen zijn te meten, nadat een zijde losgenomen is; deze zijde komt dan aan een der binnenste klemmen der brug. Is de andere zijde geaard, dan kan de brug niet tevens geaard zijn.

DE „OPEN BRUG” STAND.

In deze stand van de bereikschakelaar zijn vergelijkingen mogelijk met een uitwendig te verbinden standaard. Zoo kan men b.v. het weerstandbereik uitbreiden naar boven, door als standaard aan de „C” klemmen een 1 Megohm weerstand te verbinden, die men eerst in het bereik „100.000 Ohm” op waarde heeft gecontroleerd. Hetzelfde geldt voor capaciteiten; hier verbindt men echter de standaard aan de „R” klemmen.



Zelfinductievergelijkingen zijn op gelijke wijze mogelijk als voor weerstanden geldt: de standaard verbinden aan de „C” klemmen, de onbekende aan de „R” klemmen. Standaardzelfinductie zijn niet zoo makkelijk te bekomen; men kan zich, als het om niet al te nauwkeurige metingen gaat, behelpen met een smoorspoel van goed fabrikaat, waarvan de zelfinductie zonder gelijkstroom bekend is. Bij deze metingen kunnen verschillende oorzaken de aanwijzing onscherp maken, n.l. groot verschil in gelijkstroomweerstand tusschen standaard en te meten exemplaar of abnormale eigencapaciteit van één der twee. Kortgesloten windingen verhinderen een scherp nulpunt of maken de meting geheel onmogelijk. Een transformator moet geheel onbelast gemeten worden.

De nauwkeurigheid waarmede een *middenaf-takking* op een transformator of smoorspoel is aangebracht laat zich bepalen door de uiteinden van de wikkeling aan de buitenste brugklemmen te verbinden en de middenaf-takking aan een der binnenste (deze zijn immers door-verbonden). Het nulpunt behoort nu precies bij verhouding 1 te liggen.

De *wikkelverhouding* van een transformator — mits deze ligt binnen 1:50 — is direct af te lezen, wanneer men één wikkeling aansluit op de „C” klemmen. Krijgt men geen nul-indi-

catie, dan moet een der wikkelingen omgepoold worden. Als het nulpunt in de helft van de schaal beneden 1 valt, dan leest men de verhouding b.v. af als 0.2, d.w.z. als 0.2 : 1, hetgeen dus overeenkomt met 1:5. Door de wikkelingen van plaats te doen verwisselen leest men dan direct 5 af.

Verder is de meetbrug nog als *lampvoltmeter* te bezigen, voor het meten van wisselspanningen tot ong. 3.5 Volt. De aansluiting geschiedt aan de aardklem en één der middenklemmen, terwijl de bereikschakelaar in de open-brug stand moet staan. Op deze wijze kan de brug zeer geschikt als output-meter dienst doen, verbonden aan de secundaire van de uitgangstransformator, dus parallel aan de spreekspoel.

Bij het trimmen met behulp van een gemoduleerde meetzender regelt men dan af op de grootste breedte van de lichtvleugels van het oog.

Tenslotte kan het nuttig zijn te weten, dat tusschen de aardklem en een der buitenklemmen een 50 Hz. wisselspanning afgenomen kan worden, die zich met behulp van de potentiometer continu laat regelen van 0 - 50 Volt.

Voor hen die om het instrument een kastje willen maken geven we hier de inwendige maten: n.l. 15 × 20 cm, hoogte 13 cm.