„BLEEKER"
COMPENSATOREN

Nederlandsche
Optiek- en
Instrumentenfabriek
Dr. C. E. Bleeker N.V.
Zeist

Inhoud

	pagina
Compensatoren (meettechnische beschouwingen)	5
Overzichtstabel „Bleeker" Compensatoren	12
Technische compensatoren serie 2100	
Practicum compensator	14
Technische compensator	18
Draagbare compensator	21
Draagbare compensator met spanningsgever	23
Thermocompensatoren	24
Precisiecompensatoren serie 2000	
Laboratorium compensator	28
Diesselhorst compensator	33
Compensator met hoge weerstand	39
Spanningsdelers	43

COMPENSATOREN

Compensatoren dienen voor het meten van **electrische spanningen.** Het resultaat wordt verkregen terwijl het te meten object daardoor niet wordt belast. Uitbreiding van het instrumentarium met enkele goed bekende weerstanden brengt ook het meten van electrische stromen en weerstanden binnen het bereik van de compensator. De nauwkeurigheid kan hierbij zeer hoog zijn; de toegepaste meetmethoden zijn zo overzichtelijk, dat ook weinig geschoolde krachten metingen met goed resultaat kunnen uitvoeren.

In principe bevat elke compensator een inrichting om een met fijne stappen regelbare, nauwkeurig bekende spanning tegengesteld aan de te meten spanning te schakelen. Het verschil van spanning en tegenspanning komt aan de klemmen van een gevoelige galvanometer. Deze zal niet uitslaan wanneer beide spanningen aan elkaar gelijk zijn. Uit de bekende tegenspanning volgt dan de onbekende spanning. De tegenspanning wordt vrijwel steeds verkregen door **een constante stroom, de meetstroom,** door de weerstanden van het instrument te zenden en van het hierdoor ontstane potentiaalverschil door instelbare contacten een bekend deel af te takken.

In figuur 1 is het meetprincipe door een blokschema verduidelijkt. Merk op, dat in geval C geen stroom loopt tussen de compensator en het meetobject, zodat geen enkele door eventuele stroomlevering veroorzaakte fout in de meting kan optreden.
In afwijking van het in figuur 1 getekende schematische instrument heeft een werkelijke compensator meestal meerdere knoppen voor het instellen van de meetspanning. Verder is voor de galvanometer een apart stel aansluitklemmen aanwezig, benevens een schakelaar voor het regelen van de gevoeligheid. Tenslotte is de mogelijkheid aanwezig de meetstroom op zijn juiste waarde te controleren. In principe geschiedt dit door met de compensator of met een daarmee gekoppeld hulpinstrument de spanning van een normaalelement te meten. Men regelt de meetstroom tot het instrument voor deze spanning de juiste, bekende waarde aangeeft.

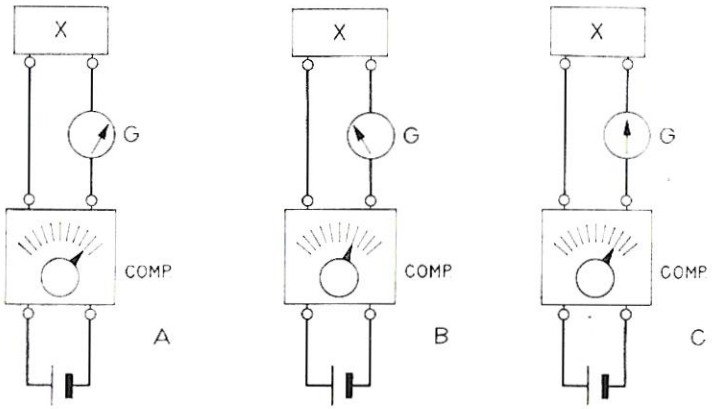

Fig. 1. Principe der metingen met de compensator

De compensator „Comp" is aangesloten aan een batterij. Aan de meetklemmen is de te meten spanning X verbonden. Voorgesteld is verder een regelknop aan de compensator, waarmee de tegenspanning aan de klemmen X wordt ingesteld. Deze tegenspanning wordt op een schaal afgelezen. De galvanometer G wijst aan óf en in welke richting stroom loopt tussen de compensator en X.
In geval A is de compensator nog niet op de juiste tegenspanning ingesteld, de galvanometer geeft een uitslag. In geval B is de uitslag tegengesteld aan die bij A. Aangezien de ingestelde spanning nu lager is, blijkt dat bij A de spanning te hoog en bij B de spanning te laag is ingesteld. In geval C is de compensator goed ingesteld en vertoont G geen uitslag. Op de compensator kan men nu de spanning X aflezen.

Door de omstandigheid, dat de moderne techniek steeds meer metingen van hoge precisie eist, hebben compensatoren op allerlei plaatsen de vroeger gebruikte eenvoudige meters vervangen. In verband hiermee verlangt men van een moderne compensator, dat er snel en gemakkelijk mee gewerkt kan worden. De gewenste nauwkeurigheid is dikwijls zo groot, dat er alleen door instrumenten van de allereerste rang aan voldaan kan worden. Daarnaast is een

uitgebreid gebied ontstaan waar men met iets minder precisie genoegen neemt en vóór alles een handelbaar, niet te groot en gemakkelijk transportabel instrument verlangt.
Een en ander heeft tengevolge, dat een bijna verwarrend groot aantal verschillende typen van compensatoren naast elkaar is ontstaan, waarvan enkele universeel bruikbaar zijn, terwijl andere geconstrueerd zijn voor meer beperkte toepassingen, zoals bijvoorbeeld het meten van temperaturen met behulp van thermoelementen. Binnen de verschillende groepen bestaat nog onderscheid in nauwkeurigheidsklasse en in de toegepaste schakeling, die het instrument bepaalde karakteristieke eigenschappen kan geven. Een volledig overzicht van de door ons gefabriceerde compensatoren geven wij in de achter dit hoofdstuk afgedrukte tabel.
Eén van de meest belangrijke eigenschappen van iedere compensator is de inwendige weerstand. Hieronder wordt verstaan de weerstandsbijdrage die het instrument geeft in de kring waarin de onbekende spanning en de galvanometer zijn opgenomen. Zoals uit de tabel blijkt, hebben sommige compensatoren een lage inwendige weerstand, terwijl deze bij andere instrumenten veel hoger is. Over het algemeen is een lage weerstand in de meetkring van belang wanneer kleine spanningen gemeten moeten worden en de meetgevoeligheid door de spanningsgevoeligheid van de galvanometer beperkt zou kunnen worden. Bij het meten van hogere spanningen geldt deze laatste beperking in mindere mate. Het kan dan echter belangrijk worden het stroomgebruik van de compensator te beperken en in dat geval is een compensator met hogere inwendige weerstand meer op zijn plaats. Het spreekt vanzelf, dat de te gebruiken galvanometer steeds aan de eigenaardigheden van de meetopstelling aangepast moet zijn.
We merken op, dat voor nauwkeurige metingen steeds een vast opgestelde spiegelgalvanometer noodzakelijk is. Dit heeft tengevolge, dat de gehele meetopstelling min of meer aan een bepaalde plaats gebonden is. Men kiest voor deze plaats bij voorkeur een ruimte met weinig veranderlijke temperatuur, zodat compensator en normaalelement te allen tijde behoorlijk in temperatuurevenwicht zijn.
Bij technische metingen is het vaak niet mogelijk, onder dergelijke optimale omstandigheden te werken. Men moet dan noodzakelijkerwijze genoegen nemen met wat kleinere nauwkeurigheid en het is rationeel de meetapparatuur hieraan aan te passen. Dit is bij de technische compensatoren 2165, 2166, 2167, 2168 en 2169 inderdaad geschied. De fout in de ijking van deze instrumenten is kleiner dan 1‰, wat voor veel toepassingen in de techniek alleszins voldoende is en anderzijds de mogelijkheid geeft de meetopstelling gemakkelijk transportabel te maken. Daartoe zijn galvanometer, normaalelement en regelweerstanden voor de meetstroom ingebouwd. Bij de compensatoren 2166, 2167, 2168 en 2169 is bovendien de stroombron ingebouwd, is de kast voorzien van een handvat en van een deksel met rubber afdichting en is het normaalelement aangepast aan veelvuldig vervoer. Hierdoor zijn deze instrumenten aangewezen voor het ter plaatse uitvoeren van controles in bedrijven. Ze hebben ook een extra schakelmogelijkheid voor het controleren van registrerende meetinstrumenten.

Zoals reeds opgemerkt, wordt de meetstroom gecontroleerd door met de compensator of een daarmee gekoppeld hulpinstrument de spanning van een normaalelement te meten. Gebruikt men de compensator zelf voor deze meting, dan is voor elke controle instellen van de meetcontacten nodig, waardoor een niet onbelangrijk tijdverlies ontstaat. Daarom zijn alle Bleeker compensatoren voorzien van een aparte weerstand voor het controleren van de meetstroom. Dientengevolge kan deze controle geschieden geheel onafhankelijk van de verdere instelling van de meetcontacten, met een belangrijke winst in tijd en nauwkeurigheid.
Bij de compensatoren van de technische 2100-serie wordt het normaalelement ingebouwd. Bij de precisie-instrumenten uit de 2000-serie moet het normaalelement aan aparte daarvoor bestemde klemmen worden aangesloten. Het scheiden van compensator en normaalelement heeft het voordeel, dat het normaalelement gemakkelijker onder controle gehouden kan worden. Bovendien kan men in enkele gevallen door gebruik te maken van twee normaalelementen het meetbereik verdubbelen.
De regeling van de meetstroom is bij compensatoren uiterst belangrijk. In principe gebruikt men voor dit doel steeds een zeer fijn veranderlijke weerstand. Dit hulpmiddel mag echter geen enkele factor van onzekerheid in de stroomkring introduceren, zodat wij aan dit onderdeel veel aandacht hebben besteed. Bij de compensatoren van de 2100-serie is een passende regeling ingebouwd. Bij de precisiecompensatoren van de serie 2000 moet over het algemeen een aparte eenheid voor de regeling van de stroom worden gebruikt. De speciaal hiervoor ontwikkelde „stroomregelbanken" geven de regeling de zo noodzakelijke soepelheid en stabiliteit, waardoor desgewenst een instelling tot op één miljoenste nog goed uitvoerbaar is. Dit lijkt overdreven, maar het bevordert op overtuigende wijze de snelheid en zekerheid van de metingen. Immers bij een minder soepele regeling zal men bij het instellen van de meetstroom soms een kleine galvanometeruitslag moeten toelaten. Men houdt dan steeds de onzekerheid of deze uitslag al of niet toelaatbaar is in verband met de verlangde precisie. Wanneer de uitslag zonder moete geheel nul gemaakt kan worden, verdwijnt ook dit punt van onzekerheid, evenals het tijdverlies, dat ontstaat doordat men geregeld enige malen over de beste instelling heendraait.
De nauwkeurigheid van metingen met compensatoren wordt door een aantal factoren bepaald. We noemen:

1e Bij alle „absolute" metingen: de spanning van het gebruikte normaalelement. Hierin blijft altijd de onzekerheid bestaan waarmee de grote standaardlaboratoria de „absolute Volt" kunnen realiseren. Deze onzekerheid is wat kleiner dan 1 op 10000, zodat men dus de spanning van een normaalelement tot op 0,1 mV met zekerheid kan opgeven. Het volgende cijfer is niet meer geheel zeker, men sluit hiervoor aan op een gemiddelde waarde uit metingen aan verschillende laboratoria. Een goed normaalelement is wel tot op enkele 0,01 mV constant, het moet dan echter zorgvuldig worden behandeld en bij de metingen in volkomen evenwicht zijn. Aangezien bij het bereiken van het evenwicht diffusieprocessen een belangrijke rol spelen, is het bij het uitvoeren van

precisiemetingen van veel belang, dat het normaalelement voortdurend bij dezelfde temperatuur wordt bewaard.

2e De inwendige nauwkeurigheid van de compensator, welke wordt bepaald door de toleranties die bij het ijken van de weerstanden in acht zijn genomen. Deze factor bepaalt voornamelijk de relatieve afwijkingen van de meetresultaten ten opzichte van de gebruikte standaard i.c. van het normaalelement. Hier is vooral van belang dat bij het ijken van alle Bleeker instrumenten toleranties worden toegelaten die slechts een klein deel zijn van de bij aflevering gegarandeerde foutgrens.
Bovendien worden de weerstanden vóór de montage zorgvuldig verouderd, zodat langzame veranderingen zijn uitgeschakeld. Door doelmatige en zorgvuldige constructie van de schakelaars en contacten wordt verder een maximum aan bedrijfszekerheid gewaarborgd.

3e De gevoeligheid van het nulinstrument. We hebben voor de diverse compensatoren galvanometers ontwikkeld, die enerzijds ruim voldoende gevoelig zijn om de gegarandeerde nauwkeurigheid van het instrument ten volle te kunnen benutten, maar anderzijds voldoende robuust om ook in handen van minder geschoolden nog bedrijfszeker te zijn. Bovendien is in alle gevallen gestreefd naar een zo kort mogelijke aanwijstijd.

4e Bedieningsfouten. Deze worden zoveel mogelijk uitgeschakeld doordat bij ieder instrument een zorgvuldig geredigeerde, uitvoerige gebruiksaanwijzing is gevoegd.

5e Het is niet overbodig, in dit verband ook de elementaire afleesfouten te noemen. Vooral bij metingen door minder geoefenden eisen deze speciale opmerkzaamheid. We hebben er veel zorg aan besteed, door een zeer overzichtelijke opstelling der verschillende bedieningsknoppen en schalen de mogelijkheid van dit soort fouten zoveel mogelijk uit te schakelen.

Wij wezen reeds terloops op het verband tussen de inwendige weerstand van een compensator en het meetbereik. **Bij compensatoren met lage weerstand is het om technische redenen niet goed mogelijk om het meetbereik veel groter te maken dan één Volt, terwijl men bij compensatoren met hoge weerstand in de regel niet verder gaat dan ruim tien V.** Door gebruik te maken van enkele normaalele-

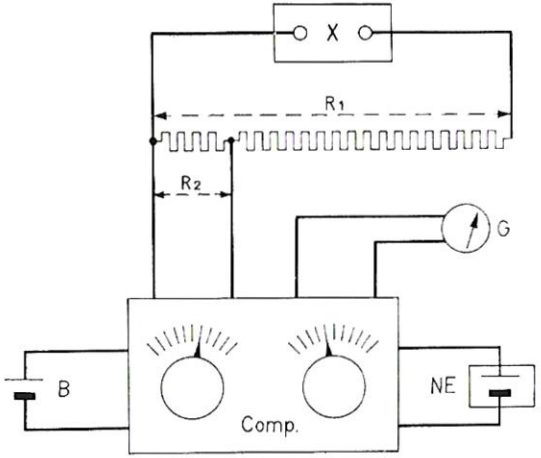

Fig. 2. Schema spanningdeler

menten in serie kan men soms het meetbereik nog verdubbelen of zelfs verdrievoudigen.
Voor het meten van nog hogere spanningen kan men „spanningdelers" toepassen. Dit zijn grote weerstanden, die op de te meten spanning worden aangesloten. De spanning langs een bekend deel van de weerstand wordt dan met de compensator gemeten.

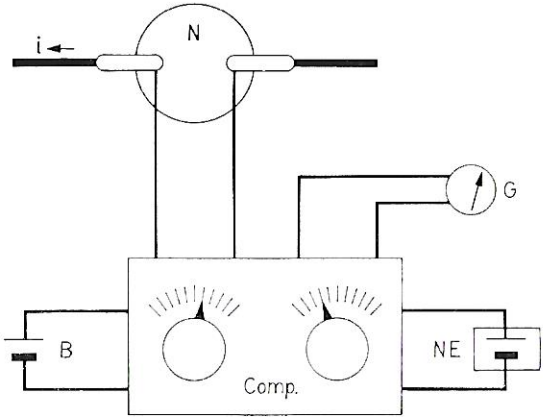

Fig. 3. Stroommeting met compensator en normaalweerstand

We leveren spanningdelers die metingen tot 1000 Volt toestaan. De te meten spanning wordt hierbij evenwel belast, zodat in verschillende gevallen correcties nodig zijn.
Speciale apparatuur voor het „stroomloos" meten van hoge spanningen wordt op aanvraag aangeboden.
In de aanvang noemden we reeds de toepassing van compensatoren voor het meten van electrische stromen en weerstanden. Een **stroom** wordt gemeten door deze te leiden door een normaal- of precisieweerstand van passende grootte en het langs die weerstand ontstane potentiaalverschil met de compensator te bepalen. Bij zwakke stromen zal men de grootte van de gebruikte weerstand vooral bepalen door de grootte van het potentiaalverschil, dat immers goed meetbaar moet zijn met de compensator, bij sterke stromen is allereerst de belastbaarheid van de weerstand de beperkende factor.
Een normaalweerstand van de gebruikelijke afmetingen kan voor metingen van de hoogste precisie niet zwaarder belast worden dan 0,1 Watt. Bij wat minder zware eisen kan de belasting wat hoger zijn, maar het is niet aan te raden deze meer dan 1 Watt te maken, omdat in dat geval blijvende veranderingen van de normaalweerstand kunnen optreden. Voor zeer sterke stromen is deze belastbaarheid beslist te klein. Wij leveren hiervoor speciale weerstanden van hoge belastbaarheid.
Voor het meten van een onbekende **weerstand** wordt deze in serie geschakeld met een normaalweerstand, een hulpbatterij en een regelweerstand, zodat door beide weerstanden dezelfde stroom vloeit.
Vergelijken van de potentiaalverschillen aan de einden van beide eerstgenoemde weerstanden levert dan direct hun verhouding. Noch de stroom door de weerstanden, noch de meetstroom door de compensator behoeft hierbij bekend te zijn, men moet alleen eisen, dat beide stromen tijdens de meting constant zijn.

Hiervan overtuigt men zich op eenvoudige wijze door de vergelijking enige malen achtereen te herhalen. Bij een aantal van onze compensatoren treft men twee paar aansluitklemmen voor de te meten spanning aan. Met deze instrumenten is het vergelijken van weerstanden al bijzonder eenvoudig.
In de volgende hoofdstukken worden alle door ons in serie vervaardigde compensatoren nader beschreven. Hierbij is van de volgorde der tabel afgeweken om de instrumenten met eenvoudige bouw het eerst te behandelen. Speciaal de beschrijving van de practicumcompensator No. 2163 is betrekkelijk uitvoerig, omdat het principe dat aan dit instrument ten grondslag ligt ook bij verschillende andere compensatoren is gevolgd. De beschrijving van de volgende instrumenten kon daardoor wat korter gehouden worden. De compensatoren uit de serie 2000, waar gedeeltelijk speciale kunstschakelingen zijn toegepast, krijgen weer een dieper gaande beschrijving.

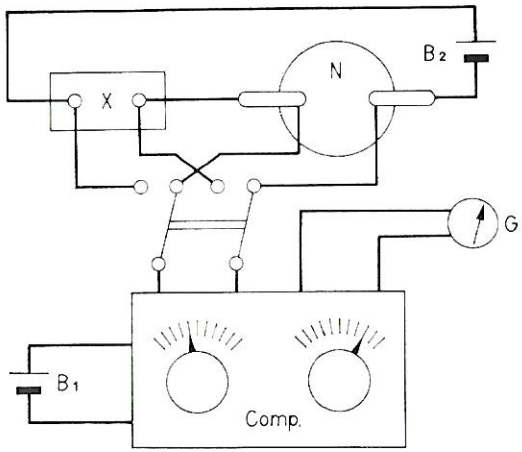

Fig. 4. Weerstandmeting met compensator

„BLEEKER" compensatoren

Cat.no.	Naam instrument	Grootste te meten spanning	Aantal meetbereiken	Inwendige weerstand	Controle meetstroom	Normaalelement	Stroombron	Stroomregeling	Galvanometer
2063	Diesselhorst Compensator	1,11110 Volt	7	14 ohm	Hulpbankje Cat.no. 2064	Extern	12 Volt	Bankje Cat.no. 2065	202
20635	idem	idem	idem	idem	Instelbare compensatieweerstand	idem	idem	Ingebouwd	idem
2066	Laboratorium Compensator	1,11 Volt (2,22 Volt)[1]	3	111 ohm	Vaste compensatieweerstand	Extern (1 of 2)	4 Volt (8 Volt)	Bankje Cat.no. 2067	206
20682	Raps Compensator	1,11110 Volt (2,22220 Volt)[1]	2	200-1300 ohm	Instelbare compensatieweerstand	Extern (1 of 2)	4 Volt (8 Volt)	Ingebouwd	207
20683	idem	11,1110 Volt (22,2220 Volt)[1]	3	idem	idem	idem	4-14 Volt (8-28 Volt)	idem	idem
2163	Practicum Compensator	2,3 Volt	1	230 ohm	Vaste compensatieweerstand	Extern	4 Volt	Ingebouwd	208
2164	Technische Compensator in draagkist	2,11 Volt	4	111 ohm	Vaste compensatieweerstand	Ingebouwd	4,5 Volt	Ingebouwd	Ingebouwde wijzergalvanometer[2]
2165	Technische Compensator	idem	idem	idem	idem	idem	4 Volt	idem	idem[2]
2166	Draagbare Compensator	0,23 Volt	3	23 ohm	Vaste compensatieweerstand	Ingebouwd	1,5 Volt	Ingebouwd	Ingebouwde wijzergalvanometer
2167	Draagbare Compensator met met spanningsgever	0,23 Volt	3	23 ohm	Vaste compensatieweerstand	Ingebouwd	1,5 Volt	Ingebouwd	Ingebouwde wijzergalvanometer
2168	Thermocompensator	0,085 Volt	2	2-40 ohm	Vaste compensatieweerstand	Ingebouwd	1,5 Volt	Ingebouwd	Ingebouwde spiegelgalvanometer
2169	Thermocompensator	0,046 Volt	2	23 ohm	Vaste compensatieweerstand	Ingebouwd	1,5 Volt	Ingebouwd	Ingebouwde spiegelgalvanometer

1) Door gebruik te maken van twee normaalelementen. Dit is alléén toelaatbaar bij de instrumenten waar het is aangegeven.
2) Aansluitmogelijkheid voor externe galvanometer. Aanbevolen wordt spiegelgalvanometer Cat. no. 206.

Technische

compensatoren

PRACTICUM COMPENSATOR CAT. No. 2163

Compensator 2163 neemt in onze serie technische compensatoren een aparte plaats in. Deze compensator is oorspronkelijk ontworpen als oefeninstrument om op practica gebruikt te worden en mede in verband daarmee is het de enige compensator uit de 2100-reeks, waar galvanometer en normaalelement niet zijn ingebouwd. Het instrument is zeer bruikbaar gebleken in alle gevallen, waar spanningen van 2,3 Volt en kleiner gemeten moeten worden en een afleesnauwkeurigheid van enkele tienden millivolt voldoende is. Doordat elk overbodig detail bij de compensator 2163 is vermeden, ligt de prijs van dit instrument bijzonder gunstig. De vereenvoudiging is echter geenszins bereikt ten koste van de doelmatigheid of nauwkeurigheid. De compensator bevat een volwaardig meetgedeelte met twee bedieningsknoppen, een aparte compensatiemogelijkheid voor het normaalelement en een zeer soepel werkende regelweerstand voor de meetstroom. Een hefboomschakelaar geeft de mogelijkheid om de galvanometer òf in het meetcircuit van de onbekende spanning, òf in het circuit van het normaalelement te schakelen. In het galvanometercircuit zijn 3 drukschakelaars aanwezig waarvan één gelegenheid geeft dit circuit zonder extra serie-weerstand te sluiten; elk der beide andere schakelaars schakelt tegelijk een begrenzingsweerstand (4000, resp. 100000 ohm) in de kring.

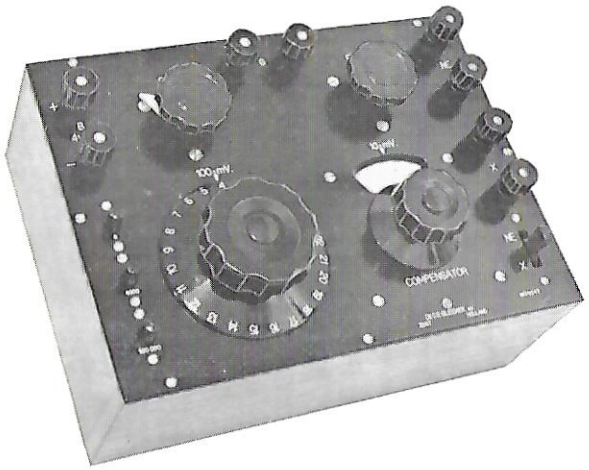

Fig. 5. Compensator Cat. No. 2163

Eén van de bedieningsknoppen van het meetgedeelte verplaatst een glijcontact van een sleepdraad. De stand van het contact wordt op een schaalverdeling met ruim 100 intervallen afgelezen. De andere knop bedient een schakelaar met 23 standen, gemerkt 0 tot 22. Het contact van deze schakelaar en het contact van de sleepdraad bepalen de beide punten waar de meetspanning van de meetweerstand wordt afgetakt. Deze meetweerstand bestaat behalve uit de sleepdraad uit 22 weerstanden van 10 ohm, bevestigd aan de schakelaar. Wanneer een stroom van 10 mA door de meetweerstand stroomt, is het potentiaalverschil aan de einden van elke 10 ohm weerstand 100 mV.

In fig. 6 is een schema van de schakeling gegeven en in het onderschrift zijn enkele details nog nader toegelicht.

Het potentiaalverschil langs de sleepdraad is eveneens ruim 100 mV en één interval van de verdeling, die de stand van het meetdraadcontact aangeeft, komt nauwkeurig overeen met één millivolt. Met de schakelaar regelt men dus in stappen van 100 mV, terwijl met de sleepdraad gedeelten van zo'n stap

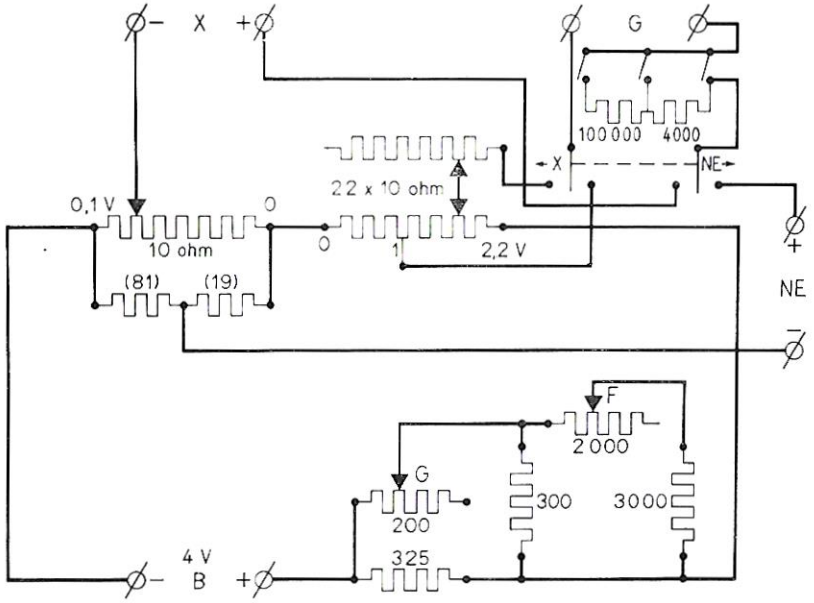

Fig. 6. Schakelschema van Compensator No. 2163

De stroom komt het instrument binnen bij de klem B+ en passeert allereerst de regelweerstand. Deze bestaat uit twee variabele weerstanden en enkele daarop aangebrachte shunten, zodanig dat de substitutieweerstand continu regelbaar is tussen ca. 148 ohm en 194 ohm. Vervolgens loopt de stroom door het reeds in de tekst beschreven meetgedeelte en verlaat de compensator door de klem B—. Men vindt gemakkelijk de beide contacten van sleepdraad en meetschakelaar.

Aan de hand van de figuur is verder in te zien, hoe door het aanbrengen van een tweede reeks weerstanden aan de meetschakelaar bereikt is, dat de inwendige weerstand alléén nog maar afhangt van de stand van het sleepdraadcontact. De vaste aftakpunten voor de compensatiekring van het normaalelement zijn in de figuur te vinden enerzijds aan een op de sleepdraad aangebrachte shunt, anderzijds tussen de weerstanden 10 en 11 van de meetschakelaar. We merken op, dat in verband met de aangebrachte shunt de weerstand van de sleepdraad zelf groter dan 10 ohm moet zijn. In de figuur herkent men verder de dubbelpolige omschakelaar, die hetzij het meetobject met de instelbare tegenspanning, hetzij het normaalelement met de vaste tegenspanning in de galvanometerkring brengt, de weerstanden van 100 000 en 4 000 ohm voor het verminderen van de galvanometergevoeligheid en de drukknopschakelaars waarmee ze worden ingeschakeld.

worden ingesteld. Door interpolatie kunnen enkele tienden van een mV nog worden afgelezen. Het gehele meetbereik omvat 2300 intervallen van de sleepdraad.
Behalve met de genoemde instelbare contacten wordt een deel van de spanning langs de meetweerstand ook met twee vaste contacten afgetakt. Het potentiaalverschil tussen deze vaste contacten wordt, door de reeds eerder genoemde hefboomschakelaar in de stand NE te plaatsen, vergeleken met de spanning van het normaalelement. Hierdoor is de controle van de meetstroom verwezenlijkt: deze werkt onafhankelijk van de instelling der bedieningsknoppen van de meetkring.
We merken op, dat de inwendige weerstand van de compensator 2163 nagenoeg constant is. Op het eerste gezicht kan dit overbodig schijnen en inderdaad komt deze bijzonderheid bij een aantal compensatoren niet voor. Een constante inwendige weerstand heeft evenwel het grote voordeel, dat de demping van de galvanometer niet afhangt van de stand der bedieningsknoppen, waardoor het bijzonder onaangename „kruipen" van de galvanometer wordt voorkomen. Een ander voordeel van een constante inwendige weerstand is, dat de gevoeligheid van de galvanometer over het gehele meetbereik constant is en ook dit is bevorderlijk voor het gemakkelijk en snel meten met de compensator. De complete meetopstelling omvat behalve de compensator een batterij van 4 Volt, een normaalelement en een galvanometer. Aanbevolen wordt de wijzergalvanometer Cat. No. 20802, als afgebeeld in fig. 7. Deze geeft, waneer het te meten object een lage weerstand heeft, in de onderhavige meetopstelling een uitslag van één schaaldeel door een spanning van ca. 0,2 mV. De gevoeligheid is dus zo groot, dat zelfs als het te meten object een weerstand van enkele duizenden ohms heeft, de nauwkeurigheid van de compensator ten volle kan worden benut.

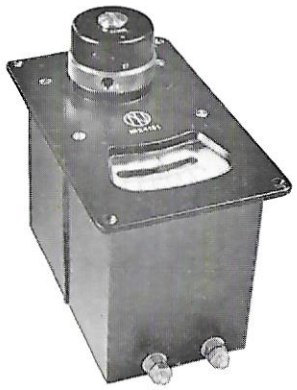

Fig. 7. Inbouwwijzergalvanometer

De uitvoering van compensator 2163 komt overeen met de uitvoering van de andere banken uit de serie 2100. Het gehele circuit is gemonteerd aan een zwart gemoffelde aluminium dekplaat, die geschroefd is op een mat gespoten notenhouten kist. Op deze wijze zijn alle vitale delen beschermd tegen vervuiling en mechanische beschadiging. De aansluitklemmen zijn geïsoleerd, waardoor de kans op toevallige kortsluiting verminderd is. Een duidelijke gravering maakt het werken met de compensator en het aflezen van het meetresultaat uiterst eenvoudig. Het instrument wordt geleverd met duidelijke gebruiksaanwijzing.

Samenvattend karakteriseren wij compensator 2163 als volgt:

1. Zeer eenvoudige, volwaardige compensator voor het meten van potentiaalverschillen van 2,3 Volt en kleiner.
2. Instellen en controleren van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de meetknoppen.
3. Constante weerstand van het meetcircuit.
4. Afijking nauwkeuriger dan 1 promille

Cat. No. 2163 — Practicumcompensator
Afmetingen: 270 x 200 x 140 mm.
Gewicht: 3,5 kg.

Cat. No. 20802 — Wijzergalvanometer met inwendige demping.
Afmetingen: 125 x 75 x 120 mm.
Gewicht: 1,25 kg.

Cat. No. 2001 — Normaalelement volgens Weston.

TECHNISCHE COMPENSATOR CAT. No. 2165

Van de compensatoren in onze technische 2100-serie is het instrument Cat. No. 2165 verreweg het meest universeel bruikbaar. Immers, het is gemakkelijk transportabel, het heeft een groot meetbereik en de nauwkeurigheid wordt gegarandeerd tot op 1‰ (en is bij aflevering nog aanzienlijk beter).
Om geheel bedrijfsklaar te zijn behoeft de compensator 2165 slechts aan een batterij van 4 Volt te worden aangesloten. Als nulindicator dient dan een gevoelige ingebouwde wijzergalvanometer. Deze geeft, wanneer de compensator is aangesloten aan een meetkring van lage weerstand, een uitslag van ongeveer één schaaldeel voor 0,1 mV. Met enige oplettendheid kunnen met deze galvanometer dus instellingen tot op één honderdste mV worden verricht. Zelfs op het laagste meetbereik van 27,5 mV kan de gegarandeerde nauwkeurigheid van het instrument dus ten volle worden benut, mits de weerstand van het aangesloten meetcircuit niet te hoog is ten opzichte van de inwendige weerstand van de compensator, die constant 111 ohm bedraagt.
Wanneer de weerstand van de aangesloten kring verhoogd wordt tot 1000 ohm wordt de spanningsgevoeligheid van de galvanometer tien maal kleiner en bij nog hogere weerstanden neemt de gevoeligheid evenredig af. Dientengevolge kunnen er gevallen voorkomen, dat gebruik van een gevoeliger galvanometer wenselijk is. Deze kan dan rechtstreeks aan een daarvoor bestemd klemmenpaar van de compensator worden aangesloten en door omleggen van een schakelaar in de meetkring worden gebracht. De ingebouwde voorschakelweerstanden van 100000 en 4000 ohm blijven hierbij beschikbaar voor beperking van de bij misinstelling optredende stroom in de galvanometerkring.
Voor het aansluiten van de te meten spanning is de compensator voorzien van twee paar klemmen. Met behulp van een omschakelaar kan naar keuze het ene of het andere paar in het meetcircuit worden gebracht. Het niet gebruikte paar blijft daarbij geheel geïsoleerd. Men kan dus, zonder dat verwisselen van aansluitingen nodig is, het instrument gebruiken in twee onafhankelijke meetkringen, zonder dat deze hierdoor geleidend met elkaar worden verbonden. Maar men kan ook potentiaalverschillen op twee verschillende plaatsen in hetzelfde meetcircuit met elkaar vergelijken.
De compensator heeft vier meetbereiken nl. 0,0275 Volt, 0,11 Volt, 1,11 Volt en 1 tot 2,11 Volt. Tussen beide laatstgenoemde bereiken kan worden overgeschakeld zonder dat opnieuw instellen van de meetstroom nodig is, ze vormen dus samen één meetbereik van 0 tot 2,11 Volt. Het meetresultaat wordt direct afgelezen in vier cijfers, namelijk twee cijfers op de beide decadeschakelaars en twee op een in honderd delen verdeelde sleepdraad. Bij metingen boven 1 Volt leest men 5 cijfers af.
Voor het instellen van de meetstroom zijn twee regelweerstanden met draaicontact ingebouwd, die een soepele en stabiele regeling mogelijk maken. De controle van de meetstroom geschiedt, onafhankelijk van de instelling der meetschakelaars van de compensator, door het potentiaalverschil langs een speciale

compensatieweerstand te vergelijken met de spanning van een ingebouwd normaalelement.
Over de **gevoeligheid** van de gebruikte wijzergalvanometer hebben wij hierboven de nodige gegevens verstrekt. Wij vermelden nog, dat het instrument voorzien is van een spiegelschaal, verdeeld in dertig delen, met het nulpunt in het midden. Het is voorzien van nulpuntscorrectie en van een betrouwbare arrêtering.
Bij aflevering wordt een gebruiksaanwijzing bijgevoegd.

Fig. 8. Compensator Cat. No. 2165

Samenvattend noemen we van de compensator 2165 de volgende karakteristieke voordelen.

1e Compacte, gemakkelijk te verplaatsen opstelling door inbouw van stroomregeling, wijzergalvanometer en normaalelement.
2e Instellen en controleren van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de compensator.
3e Meetbereik tot 2,11 Volt.
4e Twee paar klemmen voor te meten spanning.
5e Constante weerstand van het meetcircuit.
6e Aansluitmogelijkheid voor spiegelgalvanometer.

De uitvoering van de compensator 2165 is gelijk aan die van onze technische weerstandsbanken: notenhouten kast met zwart gemoffelde aluminium dekplaat, waartegen het instrument is gemonteerd. Goed gedimensioneerde knoppen en overzichtelijke, duidelijke gravering. De bank is met geïsoleerde aansluitklemmen uitgevoerd.
De compensator 2165 bevat een normaalelement in de gebruikelijke laboratoriumuitvoering. Hieruit vloeit voort, dat naast de normale voorzorgen om het element in conditie te houden, zoals het voorkomen van expositie aan extreme temperaturen, vermeden moet worden het instrument ondersteboven te keren, zoals dit bij transport zou kunnen geschieden.

Door vervangen van het bovenvermelde normaalelement door een type dat speciaal voor transportmogelijkheid in de handel is (waarbij met een hoge inwendige weerstand en verminderde bedrijfszekerheid genoegen moet worden genomen), wordt de mogelijkheid geopend, de compensator 2165 ook in spatwaterdichte draagkist uit te voeren en een batterij in te bouwen, waarmee het instrument voor „field work" geschikt is. Het catalogusnummer van dit laatste instrument is 2164.

Cat. No. 2165: Technische compensator.
Afmetingen: 330 x 275 x 160 mm.
Gewicht: 6,7 kg.

Cat. No. 2164: Technische compensator in draagkist.
Afmetingen: 430 x 350 x 205 mm.
Gewicht: 12,5 kg.

Wanneer men bij deze instrumenten een spiegelgalvanometer wenst te gebruiken, adviseren wij:

Cat. No. 206: Galvanometer bij compensator 2066.
Afmetingen: 135 x 115 x 185 mm.
Gewicht: 1,85 kg.

Cat. No. 210: Galvanometeropstelling compleet.

DRAAGBARE COMPENSATOR CAT. No. 2166

De compensator 2166 is speciaal ontworpen als draagbaar instrument. Het is een universeel bruikbare compensator voor alle gevallen waar spanningen tot 230 mV met een foutgrens van ongeveer 1‰ moeten worden gemeten. Het bewijst zeer belangrijke diensten bij de regelmatige controle van automatische registreerapparaten, zoals die bij moderne productiemethoden veelvuldig worden gebruikt.
De drie meetbereiken zijn zorgvuldig gekozen, en wel:

a. 0-230 mV voor algemeen gebruik;
b. 0-46 mV voor gebruik met thermo-elementen als ijzer-constantaan, koper-constantaan, nikkel-chroomnikkel of chromel-alumel;
c. 0-23 mV voor gebruik met de combinatie platina-platinarhodium of platina-platinarhenium.

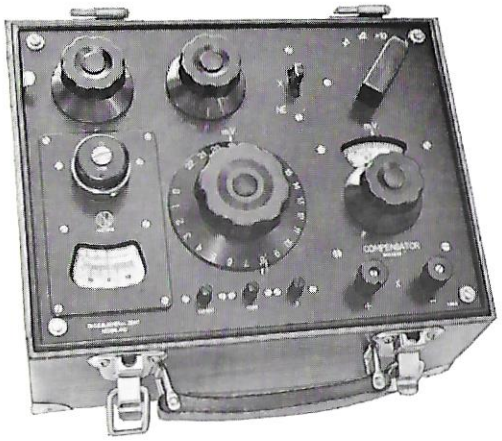

Fig. 9. Draagbare Compensator Cat. No. 2166

Doordat de compensator 2166 speciaal bestand moet zijn tegen geregeld transport, is het instrument voorzien van een bijzonder solide kast met scharnierend deksel. Wanneer het deksel gesloten is, is het inwendige van de kast niet alleen afdoende beschermd tegen stof, maar door een rubber pakkingring eveneens tegen water. Wanneer het deksel geopend is kan dit gemakkelijk worden afgenomen.
Het instrument is geheel „self contained": behalve de compensator zelf bevat de kast ook de stroombron met twee regelweerstanden, een transportabel normaalelement uit de handel en een gevoelige wijzer-galvanometer.
Het meetresultaat wordt afgelezen op een schakelaar met 23 standen en op een sleepdraad verdeeld in 110 intervallen. Honderd sleepdraadintervallen komen overeen met één stap van de schakelaar. Het gehele meetbereik is op deze wijze dus verdeeld in 2300 direct afleesbare delen. Interpolatie is over het algemeen nog uitvoerbaar, zodat de afleesmogelijkheid op doelmatige wijze is aangepast aan de gegarandeerde nauwkeurigheid van het instrument. Ook de gevoeligheid van de wijzergalvanometer past goed in het geheel zoals blijkt uit het volgende overzicht:

Meetbereik	0-230 mV	0-46 mV	0-23 mV
1 interval van de sleepdraad komt overeen met	0,1 mV	0,02 mV	0,01 mV
Verandering van galvanometer-uitslag door verstellen van één sleepdraadinterval	1,5 schaald.	0,5 schaald.	0,2 schaald.

Voor het inschakelen van de galvanometer op verschillende gevoeligheid zijn drie drukschakelaars aanwezig. Verminderen van de gevoeligheid geschiedt hierbij doordat extra weerstand in de meetkring wordt geschakeld.
Zoals reeds werd opgemerkt kan de compensator 2166 uitstekend gebruikt worden voor het controleren van automatische registreerapparaten. Het instrument wordt hierbij gebruikt als „spanningsgever", dat wil zeggen de met de meetknoppen ingestelde spanning wordt rechtstreeks buiten de galvanometer om aan het te testen apparaat toegevoegd. Dit laatste kan op deze wijze systematisch op eventuele miswijzing worden gecontroleerd. Hiervoor heeft de compensator 2166 een speciaal ingerichte omschakelaar. De methode veronderstelt dat het registreerapparaat zelf geen stroom aan de compensator onttrekt. Wanneer de registreerapparaten niet stroomloos werken, moet voor de controle van een speciale hulpstroombron gebruik worden gemaakt. Zie voor dit geval compensator 2167.

Speciale voordelen van de compensator 2166 zijn:

1e Gemakkelijk transportabel, geheel „self contained" meetinstrument;

2e Nauwkeurigheid gegarandeerd tot binnen 1‰;

3e Instelling van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de compensator;

4e omschakelen van meetbereik zonder dat bijregelen van de stroom noodzakelijk is;

5e Drie meetbereiken, waarvan twee speciaal aangepast aan algemeen gebruikelijke thermo-elementen;

6e Speciale mogelijkheid voor gebruik als spanningsgever.

De uitvoering komt overeen met de weerstandsbanken van onze 2100-serie met uitzondering van de zwaarder gedimensioneerde kast, uit teakhout, die voorzien is van een waterdicht sluitend, afneembaar deksel, metalen hoekbescherming, handgreep en aan drie zijden aangebrachte rubber voetjes. De kast zelf is van boven gesloten met een zwart gemoffelde aluminium plaat, waartegen het gehele instrument is gemonteerd. Een apart deurtje in de kast maakt de stroombron, een droge batterij van 1,5 Volt spanning, toegankelijk.

Cat. No. 2166: Draagbare compensator.
Afmetingen: 308 x 270 x 200 mm.
Gewicht: 8 kg.

DRAAGBARE COMPENSATOR CAT. No. 2167

Het meetgedeelte van compensator 2167 is geheel gelijk aan compensator 2166. Ook de uitvoering van de kast is voor beide instrumenten analoog. Compensator 2167 heeft dus geheel dezelfde toepassingsmogelijkheden als 2166, maar kan bovendien worden gebruikt voor het controleren van registreerinstrumenten die niet stroomloos werken. Daartoe is een aparte spanningsgever ingebouwd, bestaande uit een extra batterij en een met twee knoppen regelbare spanningsdeler met fijninstelling. Hierdoor is een justeerbare spanning van maximaal ongeveer 100 mV beschikbaar voor aansluiting aan het registreerapparaat. De „werkelijke" spanningen overeenkomend met verschillende aanwijzingen van het registreerapparaat kunnen met het compensatorgedeelte van de compensator 2167 worden gemeten. We merken nog op, dat compensator 2167 bovendien voorzien is van dezelfde mogelijkheid voor het testen van „stroomloos" werkende registreerapparaten, die bij 2166 beschreven is.

Cat. No. 2167: Draagbare compensator met spanningsgever tot 100 mV.
Afmetingen: 385 x 275 x 200 mm.
Gewicht: 10 kg.

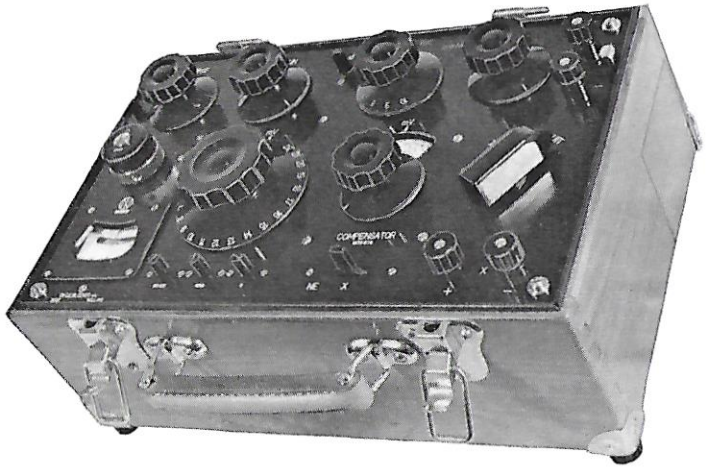

Fig. 10. Compensator Cat. No. 2167

THERMO-COMPENSATOREN CAT. No. 2168-2169

De compensatoren 2168 en 2169 zijn evenals de compensatoren 2166 en 2167 geheel „self contained" draagbare instrumenten, speciaal ontworpen voor temperatuurmetingen met thermoelementen. De foutgrens van 0,5‰ wijkt af van die van de beide andere genoemde instrumenten, de montage in solide waterdichte kast is echter gelijk. Overigens zijn er tussen de compensatoren 2168 en 2169 enerzijds en 2166/67 anderzijds belangrijke verschillen. Deze zijn een gevolg van het feit, dat de compensatoren 2168 en 2169 zeer bijzonder op temperatuurmetingen zijn gespecialiseerd, zodat met deze instrumenten binnen onderdelen van een graad gemeten kan worden. Om dit mogelijk te maken zijn de compensatoren 2168 en 2169 voorzien van een ingebouwde spiegelgalvanometer, die ruim zeven maal zo gevoelig is als de wijzergalvanometer van compensator 2166, maar verder even robuust.
Lantaarn en batterij voor de lichtvlek van de galvanometer zijn ingebouwd, door gunstige dimensionering van de betreffende onderdelen is met een gering stroomverbruik (3,5 V 0,2 A) een zodanige lichtsterkte bereikt, dat zelfs in een lichte omgeving de vlek zeer goed zichtbaar is.
Beide instrumenten hebben ieder twee meetbereiken, die zonder bijregelen van de meetstroom omgeschakeld kunnen worden. Ze verschillen echter in de grootte van deze meetbereiken. Ook op een aantal andere punten is er verschil, zoals blijken zal uit de hier volgende beschrijving.

Fig. 11. Compensator Cat. No. 2168

Compensator 2168 heeft als meetbereiken 0-16,1 mV en 0-80,5 mV. De aflezing geschiedt aan een schakelaar met 15 standen en een zorgvuldig gecalibreerde sleepdraad, verdeeld in 110 intervallen. Honderd sleepdraadintervallen corresponderen met één stap van de schakelaar. Elk der beide meetbereiken is op deze wijze verdeeld in ruim 1600 direct afleesbare delen, terwijl een verdere verdeling door interpolatie zelfs op het laagste meetbereik nog goed mogelijk is. De afleesnauwkeurigheid is derhalve ruim voldoende, ook voor metingen met de minder gevoelige thermo-elementen van platinalegeringen, alsook voor metingen binnen een beperkt temperatuurgebied. Anderzijds is het gehele gebied dat door de gebruikelijke thermoelementen bestreken wordt voor de meting toegankelijk.
Teneinde de temperatuur van de „koude las" van het thermoelement in rekening te kunnen brengen, is een aparte compensatiemogelijkheid aanwezig. Deze bestaat in een draaibare schaal, gelijk aan de schaal van de sleepdraad en waarop de spanning wordt ingesteld, die met de temperatuur van de koude las overeenkomt. Op de compensator leest men dan automatisch de spanning af, die overeenkomt met een temperatuur nul graden van de koude las, zodat de te meten temperatuur direct uit de gebruikelijke tabellen kan worden afgelezen. Van veel belang is, dat de schaalwaarde van de koude las-compensatie onder alle omstandigheden dezelfde is als van de meetdraad, zodat de kans op fouten door het toepassen van een verkeerde factor tot een minimum wordt beperkt.
Compensator 2169 heeft als meetbereiken 0-23 mV en 0-46 mV en beslaat hiermee het gehele spanningsgebied van de in de techniek voor temperatuurmetingen toegepaste thermo-elementen. De aflezing geschiedt aan een schakelaar met 22 standen en een zorgvuldig gecalibreerde sleepdraad, verdeeld in 105 intervallen. Honderd sleepdraadintervallen corresponderen met één stap van de schakelaar, de verdeling loopt van -5 tot 100. De breedte van één interval is bijna dubbel zo groot als bij compensator 2168 waardoor interpolatie nog gemakkelijker is.

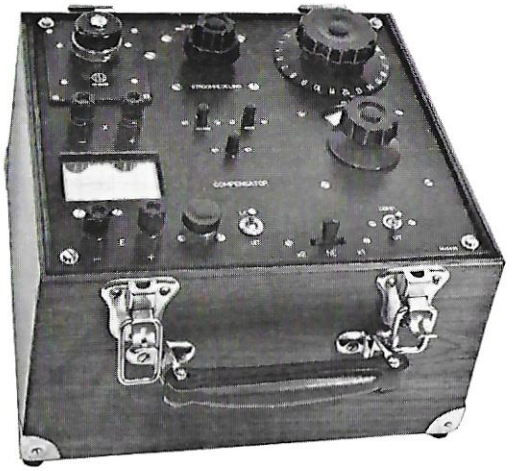

Fig. 12. Compensator Cat. No. 2169

De afleesnauwkeurigheid komt tot 16,1 mV overeen met die van compensator 2168, voor spanningen tussen 16,1 en 46 mV is de afleesnauwkeurigheid van compensator 2169 groter. Teneinde omvang en gewicht van compensator 2169 zoveel mogelijk te beperken is dit instrument niet voorzien van een koude las compensatie.
Evenals de compensatoren 2166 en 2167 kunnen ook de 2168 en 2169 gebruikt worden voor het controleren van automatische registreerinstrumenten; echter alleen wanneer deze stroomloos werken. Een aparte schakelaar voor dit doel is niet aanwezig, er is evenwel een paar klemmen, waarvandaan de in het meetgedeelte ingestelde spanning aan het registreerinstrument kan worden toegevoegd.

Karakteristiek voor de thermocompensatoren 2168 en 2169 is derhalve:

1e gemakkelijk transportabel, geheel self-contained instrument;
2e nauwkeurigheid gegarandeerd tot binnen 0,5 ‰;
3e instelling van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de compensator;
4e omschakelen van het meetbereik zonder dat bijregelen van de stroom noodzakelijk is;
5e twee meetbereiken welke gunstig liggen voor de gebruikelijke thermoelementen;
6e gevoelige ingebouwde spiegelgalvanometer, derhalve hoge instelnauwkeurigheid;
7e compensatie-inrichting voor de temperatuur van de koude las (alleen bij 2168);
8e aansluitmogelijkheid voor gebruik als spanningsgever.

De uitvoering is geheel overeenkomstig die van de compensator 2166 en omvat dus ook een zeer solide teakhouten kast, voorzien van een waterdicht sluitend, afneembaar deksel, metalen hoekbescherming, handgreep en aan drie zijden aangebrachte rubber voetjes. De kast zelf is van boven gesloten met een zwart gemoffelde aluminium plaat, waartegen het gehele instrument is gemonteerd. Een schuif in de bodem maakt de batterijen toegankelijk.

Cat. No. 2168: Thermo-compensator met meetbereiken 0-16,1 en 0-80,5 mV.
Afmetingen: 310 x 320 x 240 mm.
Gewicht: 11 kg.

Cat. No. 2169: Thermo-compensator met meetbereiken 0-23 mV en 0-46 mV.
Afmetingen: 310 x 320 x 240 mm.
Gewicht: 11,2 kg.

Precisie

compensatoren

LABORATORIUM COMPENSATOR CAT. No. 2066

De compensator 2066 is een veelzijdig laboratoriuminstrument van hoge precisie en met zeer veel toepassingsmogelijkheden. Het neemt weinig ruimte in, heeft een zeer groot meetbereik en de nauwkeurigheid wordt gegarandeerd tot op 0,2‰ (maar is bij aflevering nog aanzienlijk beter). Deze precisie wordt o.a. bereikt door de toepassing der speciale schakelaars, die voor onze gehele 2000-serie zijn ontwikkeld. Zie voor een nadere beschrijving onze catalogus Weerstandsbanken. Het meetresultaat wordt afgelezen uit de stand van twee decadeschakelaars en op de in ruim honderd delen verdeelde schaal van een nauwkeurig gecalibreerde dubbele sleepdraad. Het gehele meetbereik is derhalve verdeeld in 11100 intervallen, terwijl interpolatie ongetwijfeld zinvol is.

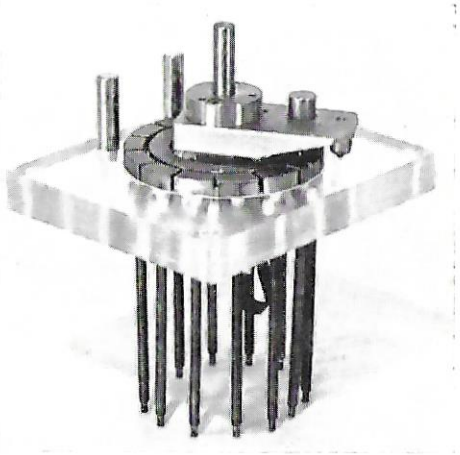

Fig. 13. Compensator Cat. No. 2066

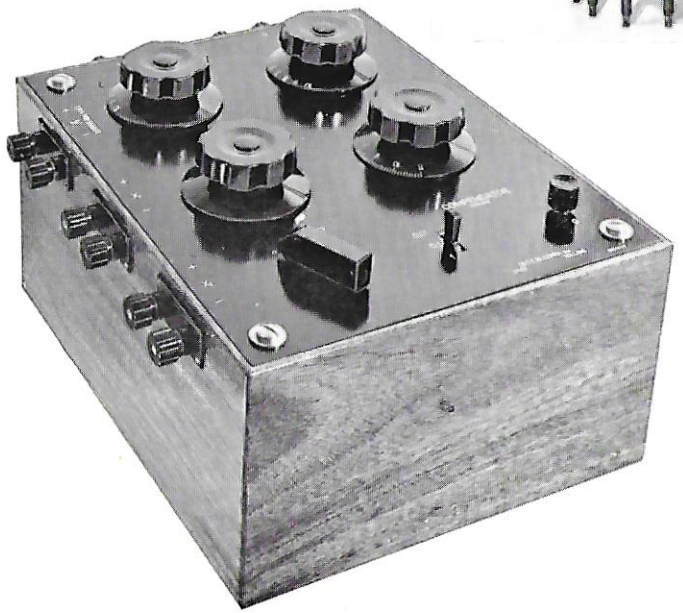

Fig. 14.
,,2000''-schakelaar

Het instrument heeft drie meetbereiken, die telkens een factor 10 verschillen en die door verstellen van een schakelaar in werking worden gesteld. Bij het laagste meetbereik komt één interval van de sleepdraad overeen met één microvolt. Hierdoor is het instrument geschikt voor nauwkeurige temperatuurmetingen met behulp van thermoelementen.
Compensator 2066 heeft geen ingebouwd normaalelement. Een instrument met deze nauwkeurigheid komt pas ten volle tot zijn recht als het wordt gebruikt met een normaalelement waarvan de spanning met zekerheid bekend is. Dit wordt het best bereikt door elk risico van een verkeerde behandeling van het element uit te sluiten, wat bij een extern normaalelement gemakkelijker kan geschieden dan bij een ingebouwd normaalelement. Een extern normaalelement kan bovendien, wanneer het door een of ander ongeluk in het ongerede raakt, vervangen worden door een ander, zonder dat de gehele compensator daarvoor naar de fabriek behoeft te worden opgezonden. Wanneer een reserve-element aanwezig is, kost de vervanging zelfs nauwelijks tijd.
Terloops zij hier opgemerkt, dat een reserve-normaalelement nuttig is om het gebruikte element af en toe te controleren. Bovendien kan men, door gebruik te maken van twee normaalelementen, het meetbereik van de compensator verdubbelen. De methode is in de gebruiksaanwijzing van het instrument nader beschreven. Zij brengt spanningen van 2,22 Volt en kleiner binnen het bereik van de compensator. Wanneer de compensator gebruikt wordt voor weerstandsmetingen, is een normaalelement niet nodig.
Voor het controleren van de meetstroom is de compensator 2066 voorzien van een ingebouwde vaste compensatieweerstand. Deze weerstand staat in serie met het compensatorgedeelte en wordt door de gehele batterijstroom van 11 mA doorlopen. In het compensatorgedeelte wordt deze stroom gesplitst. Al naar gelang van de stand van de meetbereikschakelaar stroomt 0,1, 1 of 10 mA door de meetweerstanden, terwijl de rest van de stroom door een shuntweerstand wordt geleid. Verzetten van de meetbereikschakelaar heeft geen invloed op de stroomsterkte in de compensatieweerstand. Op deze wijze is bereikt, dat de instelling van de meetstroom geheel onafhankelijk van de keuze van het meetbereik en van de aanwijzing van de compensator kan geschieden. De compensatieweerstand wordt geijkt voor de spanning van een verzadigd Weston normaalelement bij 20° C, nl. 1,01866 Abs. Volt. Wanneer men een element van andere spanning gebruikt, kan men de meetresultaten voor de afwijking die hierdoor is ontstaan, op eenvoudige wijze corrigeren. De correctie kan overigens in vele gevallen achterwege blijven.
De doelmatigheid van de compensator 2066 wordt voor een aantal toepassingen belangrijk verhoogd, doordat twee paar klemmen aanwezig zijn voor het aansluiten van onbekende spanningen. Door een schakelaar kan naar keuze het ene of het andere paar in het meetcircuit worden gebracht.. Het niet gebruikte paar is telkens geheel van de meetkring geïsoleerd. Dit is van veel belang bij gebruik van het instrument voor weerstandsmetingen.
De weerstand van de galvanometerkring is bij de compensator 2066 betrekkelijk laag, nl. ca. 110 ohm, en praktisch onafhankelijk van de stand van de meetschakelaars. Dit is bereikt door het toepassen van dubbeldecaden. Het voordeel

van deze schakeling is, dat zowel de gevoeligheid als de demping van de galvanometer over het gehele meetbereik praktisch constant is, en alleen nog afhangt van de weerstand van het te meten object.
Voor vermindering van de galvanometeruitslagen bij de eerste afregeling van de meetstroom en de eerste benadering van de te meten spanning zijn weerstanden van 100000 en 4000 ohm aanwezig, die in de meetkring geschakeld kunnen worden. Hierdoor bereikt men, dat het te meten object ook in dit stadium slechts weinig stroom behoeft te leveren. Speciaal voor normaalelementen is dit noodzakelijk, maar ook in andere gevallen kan het van veel belang zijn.
Als stroombron wordt een batterij van 4 Volt gebruikt.[1]) Het regelen van de meetstroom geschiedt het best met het speciaal voor dit doel ontworpen regelbankje 2067, dat een zeer snelle, soepele en uiterst nauwkeurige instelling mogelijk maakt. Aangezien de compensator zo is ingericht, dat bij veranderen van meetbereik de totale door het instrument vloeiende stroom constant is, behoeft bij genoemde verandering de instelling van de stroomregelbank meestal niet gewijzigd te worden.
Recapitulerend heeft de compensator 2066 dus de volgende voordelen:

1e Beknopte opstelling.

2e Instellen en controleren van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de compensator.

3e Drie gemakkelijk te verwisselen meetbereiken met éénzelfde instelling van de meetstroom.

4e Verdubbeling van ieder meetbereik door gebruik te maken van twee normaalelementen.

5e Twee onafhankelijke aansluitingen voor de te meten spanning.

6e Constante lage weerstand aan de galvanometerklemmen.

7e Lage weerstand van de compensator.

8e Zeer praktisch stroomregelbankje.

De compensator is uitgevoerd analoog aan onze normale decadebanken van de serie 2000, namelijk in mahoniehouten kast met aansluitklemmen langs de zijden. Stofdichte afsluiting van de contacten door zwart gemoffelde aluminium dekplaat, die voor eventueel reinigen van de contactbanen gemakkelijk kan worden losgenomen. Schakelaars met geheel van uitwendige krachten onafhankelijke contactdruk. Goed gedimensioneerde knoppen, roodkoperen thermokrachtvrije aansluitklemmen en zeer duidelijke en overzichtelijke gravering.

Cat. No. 2066: Laboratorium compensator.
Afmetingen: 400 x 350 x 200 mm.
Gewicht: 12 kg.

1) Bij verdubbeling van het meetbereik is een batterij van 8 V. noodzakelijk

Cat. No. 2067: Stroomregelbankje voor compensator 2066.
Afmetingen: 185 x 170 x 150 mm.
Gewicht: 1,7 kg.

Cat. No. 206: Galvanometer bij compensator 2066.
Afmetingen: 135 x 115 x 185 mm.
Gewicht: 1,85 kg.

Cat. No. 210: Galvanometeropstelling compleet.

Cat. No. 2001: Normaalelement volgens Weston.

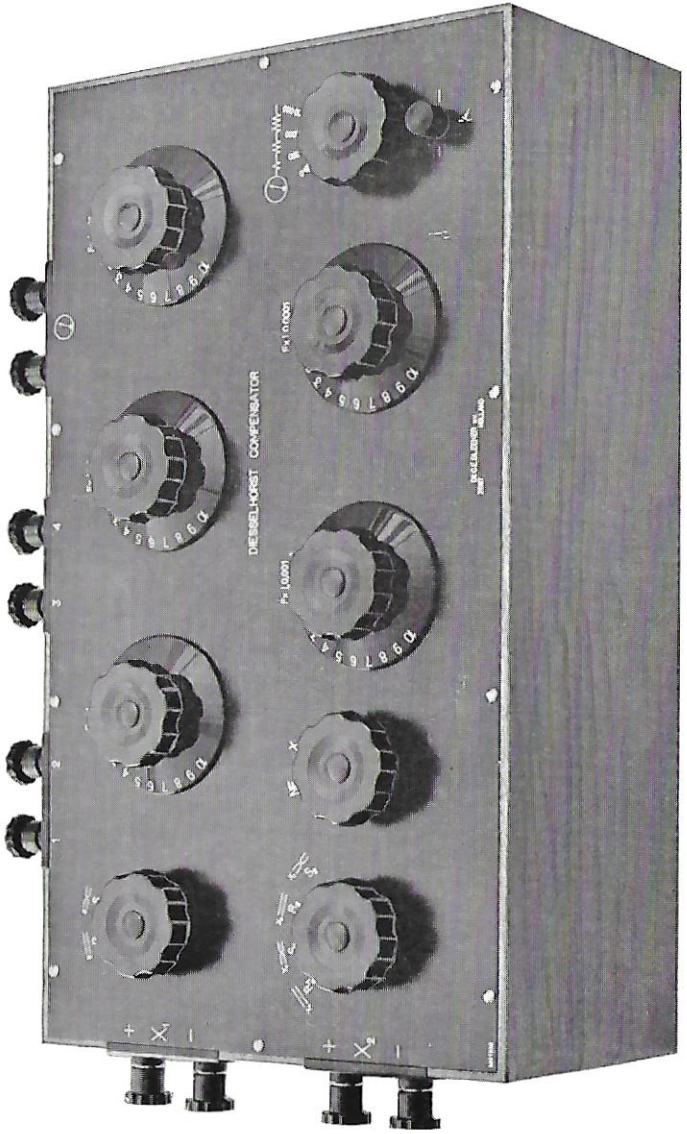

Fig. 15. Diesselhorst Compensator Cat. No. 2063

COMPENSATOR VOLGENS DIESSELHORST CAT. No. 2063 en 20635

Voortbouwend op het werk van verscheidene anderen, heeft H. Diesselhorst in 1908 een compensator met vijf meetdecaden ontworpen van zeer universele bruikbaarheid.

Deze compensator wordt gekenmerkt door een bijzonder lage inwendige weerstand, nl. slechts 14 ohm, terwijl in de meetkring geen enkele meetschakelaar voorkomt. Hierdoor is de compensator bijzonder geschikt voor het meten van kleine E.M.K.'s, zoals bijvoorbeeld thermokrachten, maar ook bij het meten van hogere spanningen zijn de bijzondere voordelen van de door Diesselhorst aangegeven schakeling nog alleszins merkbaar. Alleen voor het meten van spanningen in de buurt van en groter dan één Volt heeft de lage weerstand van de compensator niet veel betekenis meer en kan een compensator met hogere inwendige weerstand, die een lagere meetstroom gebruikt, voordelen hebben.

Voor een volledige beschrijving van de door Diesselhorst aangegeven schakeling verwijzen wij naar de oorspronkelijke publicatie in het Zeitschrift für Instrumentenkunde (Deel 28, blz. 1, 1908).

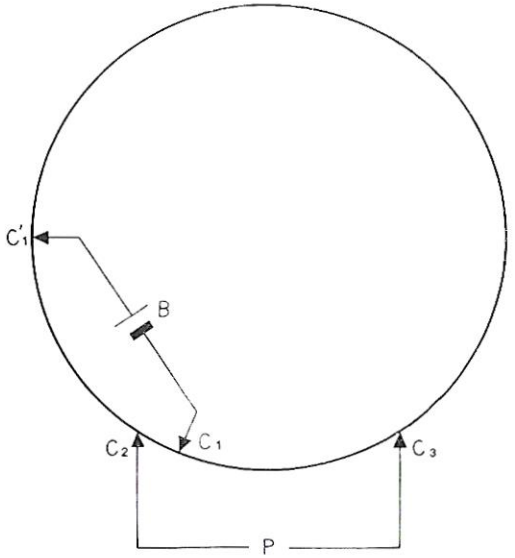

Fig. 16. Principeschema van de Diesselhorst Compensator

Enig idee van het principe verkrijgt men uit figuur 16. Hier is een ronde sleepdraad voorgesteld, waarop 4 glijcontacten, nl. C_1, C'_1, C_2 en C_3. Men denke zich de bewegingen van C_1 en C'_1 gekoppeld en wel zodanig, dat het kleinste stuk van de sleepdraad dat ze insluiten constant 1/11 van de totale lengte van de sleepdraad bedraagt. Verbindt men deze contacten met een stroombron B, dan zal door het korte stuk van de sleepdraad steeds 10/11 van de stroom vloeien, door het lange stuk 1/11. Beide stromen verhouden zich dus als 10 : 1. Plaatst men de contacten C_2 en C_3 dan zodanig, dat $C_1 C_3 = 10\ C_1 C_2$, dan zal tussen C_2 en C_3 een potentiaalverschil nul heersen. Dit potentiaalverschil P krijgt een zekere waarde wanneer vanuit de aangegeven stand C_1 en C'_1 naar rechts worden verschoven, of wanneer C_2 of C_3 naar links worden verschoven. Een verplaatsing van C_2 geeft een tien maal groter potentiaalverschil dan een gelijke

verplaatsing van C_3. De drie genoemde mogelijkheden komen overeen met de door Diesselhorst gebruikte 1e, 2e en 3e decade, waarbij de schakeling echter iets gewijzigd is om de contacten C_2 en C_3 uit de meetkring te elimineren en bovendien om te zorgen, dat de weerstand in de meetkring constant blijft, onafhankelijk van de stand der contacten.
Bij de werkelijk uitgevoerde compensator zijn de beide takken tussen C_1 en C'_1 ruim 90 ohm en 900 ohm, de weerstand tussen C_2 en C_3 bedraagt 14 ohm. Uit het principeschema is gemakkelijk in te zien, dat het instrument streng geregeld kan worden tot een potentiaalverschil nul als alle contacten op nul staan, en dat het zelfs mogelijk is om het teken van de meetspanning om te keren. Hiervan is gebruik gemaakt om de decadeschakelaars uit te rusten met een stand —1. In veel gevallen geeft dit een enorme bekorting van de metingen. Uit de figuur blijkt niet hoe de eveneens aanwezige 4e en 5e decade van de Diesselhorst compensator geschakeld zijn. Het zou te ver voeren deze „shuntdecaden" hier nader te beschrijven, we merken echter op, dat ook hier er voor gezorgd is dat de invloed der contactborstels nagenoeg wegvalt. Inderdaad zijn de meetschakelaars dus vrijwel volledig uit de meetkring geëlimineerd. In deze kring bevindt zich alleen de zorgvuldig thermokrachtvrij geconstrueerde galvanometerschakelaar, een omschakelaar voor het verminderen van de galvanometergevoeligheid door het bijschakelen van weerstanden en twee andere nog te beschrijven omschakelaars. Deze schakelaars voeren geen stroom en hebben derhalve op de ijking van het instrument geen invloed.
De eerste der zo juist genoemde omschakelaars geeft de mogelijkheid de te meten spanning te commuteren. Samen met een eveneens ingebouwde commutator voor de meetstroom geeft deze schakelaar de mogelijkheid om de laatste invloed van thermokrachten in het instrument zelf te elimineren.
De andere omschakelaar dient om de galvanometer in de compensatiekring van het normaalelement te schakelen. Zoals bij al onze compensators gebruikelijk is, is ook bij de Diesselhorst een aparte compensatieweerstand voor het normaalelement aanwezig. Deze is echter bij de gebruikelijke uitvoering van het instrument niet ingebouwd omdat de bank daardoor naar veler gevoelen onhandig groot en zwaar wordt. Een aantal gebruikers vindt dit bezwaar niet opwegen tegen het voordeel van een meer compacte opstelling, dat verkregen wordt door compensatieweerstand en stroomregelorganen met de compensator samen te bouwen. Een dergelijke combinatie wordt door ons vervaardigd onder cat. no. 20635. In electrisch opzicht is deze combinatie gelijk aan de uitvoering in enkele afzonderlijke eenheden, zoals deze in het vervolg beschreven wordt. De eenheid die de compensatieweerstand voor het normaalelement bevat wordt aangeduid met de naam **hulpbankje.** Op de noodzakelijkheid van een dergelijk hulpbankje voor het meten van spanningen in absolute maat heeft Diesselhorst reeds gewezen. Het door ons geleverde bankje cat. no. 2064 wijkt echter van het in de bovengenoemde publicatie beschreven model sterk af, daar wij er enige principiële verbeteringen in hebben aangebracht.
Het wordt met een viertal leidingen met de hoofdbank verbonden. Het draagt verder de aansluitklemmen voor de stroombron en die voor het normaalelement. Het kan met behulp van twee decadeschakelaars tussen de grenzen 1,01790 V

en 1,01900 V op de juiste spanning van het normaalelement worden ingesteld, in stappen van 0,00001 V. Een zeer belangrijk onderdeel van het hulpbankje is de speciale driepolige omschakelaar voor het instellen van het meetbereik. Deze schakelaar heeft zeven standen, welke achtereenvolgens overeenkomen met een grootste te meten spanning van 1,11110 V, 0,333330 V, 0,111110 V, 0,0333330 V, 0,0111110 V, 0,00333330 V en 0,00111110 V. De toegepaste schakeling garandeert een zeer hoge nauwkeurigheid, die geheel onafhankelijk is van overgangsweerstanden in de schakelcontacten. We merken hierbij op, dat deze overgangsweerstanden bij goede schakelaars weliswaar kleiner zijn dan bijvoorbeeld 10^{-3} ohm, maar alleen wanneer de contacten schoon zijn. Een stroomvoerende schakelaar in een kring van lage weerstand eist daarom steeds enige opmerkzaamheid en het is een belangrijke verbetering, dat de genoemde invloed bij de omschakelaar van het hulpbankje geëlimineerd is. De omschakelaar heeft nog een tweede functie. We merken op, dat de stroom door de compensator bij gebruik van het hoogste meetbereik 100 mA bedraagt, bij gebruik van het laagste meetbereik echter slechts 0,1 mA. Een regelweerstand die voor het hoogste meetbereik bevredigend werkt is voor het laagste meetbereik veel te klein. Wanneer extra weerstanden worden toegevoegd om ook op het laagste meetbereik regeling mogelijk te maken, dan brengt dit een aantal schakelaars in de kring die de stabiliteit van de regeling op het hoogste meetbereik kunnen schaden. Bovendien wordt het regelapparaat door een dergelijke toevoeging tamelijk volumineus. De oplossing is ook onhandig in zoverre, dat iedere verandering van meetbereik een volkomen nieuwe regeling van de meetstroom eist. Al deze bezwaren worden ondervangen door de variatie in batterijstroom veel kleiner te maken dan de variatie in meetstroom. Door de toegepaste schakeling van de meetbereikschakelaar is er voor gezorgd, dat de batterij voor alle meetbereiken van 0,111110 V en kleiner een stroom van 10 mA moet leveren en

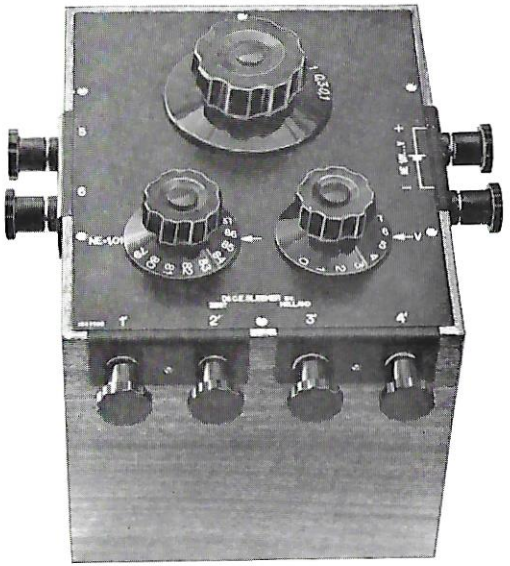

Fig. 17. Hulpbankje bij Diesselhorst Compensator

dat tussen deze meetbereiken omgeschakeld kan worden zonder dat opnieuw regelen van de meetstroom nodig is. Voor het meetbereik van 0,333330 V bedraagt de meetstroom 33 mA en voor het hoogste meetbereik 100 mA.
Voor het regelen van de meetstroom leveren wij een **stroomregelbankje,** Cat. No. 2065, waarmee deze manipulatie snel en zeer soepel kan worden uitgevoerd. Het heeft twee klemmenparen. Eén paar wordt verbonden met het hulpbankje, het andere paar met een batterij van 12 V. De combinatie van hulpbankje en stroomregelbankje is zo gedimensioneerd, dat bij omschakelen tussen de lagere meetbereiken de meetstroom niet bijgeregeld behoeft te worden. Schakelt men hierna over op het meetbereik van 0,333330 V, dan is bijregelen alleen nodig wanneer de batterijspanning niet precies 12 V bedraagt. Dit betekent in de praktijk, dat bij genoemde overgang steeds moet worden bijgeregeld, maar dat men uitgaat van een redelijk goede benadering van de juiste instelling. Bij overgang naar het hoogste meetbereik is steeds verstellen van de eerste regeldecade van het stroomregelbankje noodzakelijk en wel moet bij een batterijspanning van precies 12 V de genoemde decade vijf stappen worden teruggedraaid. De verder nog toe te passen verstelling zal des te groter zijn naarmate de batterijspanning meer van 12 V verschilt.

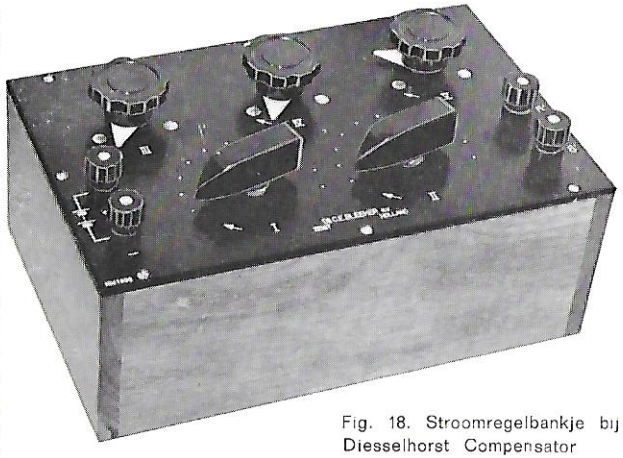

Fig. 18. Stroomregelbankje bij Diesselhorst Compensator

De Diesselhorst compensator Cat. No. 2063 is uitgerust met twee paar klemmen voor de te meten spanning. Deze klemmenparen zijn verbonden met de reeds vroeger genoemde commutator, zodat ze beurtelings in de meetkring geschakeld kunnen worden, waarbij de mogelijkheid van commuteren blijft bestaan. Het niet ingeschakelde klemmenpaar is geheel van het meetcircuit geisoleerd. Hierdoor is deze uitvoering bijzonder geschikt voor weerstandsmetingen, waarbij wij speciaal het verrichten van uiterst nauwkeurige temperatuurmetingen met behulp van weerstandsthermometers willen noemen.
We merken op, dat het om verschillende redenen niet goed mogelijk is om het instrument uit te rusten met meer dan twee klemmenparen. Wanneer het dus wenselijk is om over meer dan twee meetpuntaansluitingen te beschikken, kan men het best een thermokrachtvrije keuzeschakelaar buiten de compensator toepassen.

Wij hebben reeds vermeld, dat de inwendige weerstand van de Diesselhorst compensator slechts 14 ohm bedraagt. Dit is dus de bijdrage van het instrument tot de weerstand van de galvanometerkring. De weerstand van deze kring bestaat verder uit de inwendige weerstand van de galvanometer en de weerstand van het te meten object. Laatstgenoemde weerstand kan in de praktijk zeer verschillende waarden hebben. Bovendien moet men bij metingen onder alle omstandigheden voorkomen, dat te grote stromen tussen compensator en meetobject vloeien, waartoe men opzettelijk een grote weerstand in de galvanometerkring opneemt, die wordt uitgeschakeld naarmate de juiste instelling van de compensator beter wordt benaderd. Men moet derhalve bij elke compensator rekenen met een sterk wisselende weerstand in de galvanometerkring. Om „kruipen" van de galvanometer te voorkomen enerzijds en een zo groot mogelijke spanningsgevoeligheid te bereiken anderzijds, kiest men een galvanometer waarvan de aperiodische grensweerstand gelijk is aan de kleinste weerstandswaarde die in het meetcircuit voorkomt. Met veel grotere weerstand in de kring heeft men dan evenwel de moeilijkheid, dat de galvanometer lang blijft slingeren. We hebben daarom de spoel van de voor gebruik bij de Diesselhorst compensator bedoelde galvanometer (Cat. No. 202) voorzien van enkele dempingswindingen, waardoor deze ook met open kring na slechts weinig slingeringen tot rust komt.
De normaal door ons geleverde uitvoering van de Diesselhorst compensator wordt gegarandeerd tot op 0,1‰. Hierbij wordt gestreefd naar de grootst mogelijke inwendige nauwkeurigheid, waarbij er zorgvuldig op wordt gelet dat het instrument tijdens het ijken voortdurend in temperatuurevenwicht blijft. Daarom is deze ijking zeer tijdrovend. We merken op, dat de instrumenten zoals wij ze afleveren steeds aanmerkelijk nauwkeuriger zijn dan de door ons gegarandeerde precisie. Hierdoor en door zorgvuldig gecontroleerde fabricage voorkomen wij, dat de instrumenten reeds na kort gebruik buiten hun gegarandeerde tolerantie komen te liggen.

Samenvattend noemen we voor de Diesselhorst compensator de volgende voordelen:

1e Meetkring van zeer lage weerstand.

2e Meetcircuit onafhankelijk van stroomvoerende contacten.

3e Instellen en controleren van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de compensator.

4e Aflezen van het meetresultaat in vijf cijfers.

5e Tijdbesparende —1 contacten op de vier laatste decaden.

6e Tot op 0,01 mV instelbare compensatieweerstand voor het normaalelement.

7e Meetbereiken van 1,11110, 0,333330, 0,111110, 0,0333330, 0,0111110, 0,00333330 en 0,00111110 V.

8e Ingebouwde commutators.

9e Praktisch stroomregelbankje.

De uitvoering van het instrument is geheel in overeenstemming met de precisie die ermee bereikt kan worden.
Compensator en hulpbankje zijn ieder gemonteerd in een gepolitoerd mahoniehouten kast en voorzien van zijdelings aangebrachte, zeer ruim gedimensioneerde aansluitklemmen. Stofdichte afsluiting van de contacten door zwart gemoffelde aluminium dekplaat, die voor eventueel reinigen van de contactbanen gemakkelijk kan worden losgenomen. Schakelaars van zeer zware constructie met bronzen contacten van ruime afmetingen. Goed gevormde knoppen en zeer duidelijke en overzichtelijke gravering. Zware roodkoperen thermokrachtvrije aansluitklemmen. Het instrument wordt geleverd met uitvoerige gebruiksaanwijzing.

Cat. No. 2063: Compensator volgens Diesselhorst, met twee paar klemmen voor de te meten spanning. Foutgrens 0,1‰.
Afmetingen: 615 x 350 x 220 mm.
Gewicht: 25 kg.

Cat. No. 2064: Hulpbankje bij Diesselhorst Compensator. Foutgrens 0,1‰.
Afmetingen: 282 x 260 x 220 mm.
Gewicht: 6 kg.

Cat. No. 2065: Stroomregelbankje voor Diesselhorst Compensator.
Afmetingen: 275 x 175 x 130 mm.
Gewicht: 2,6 kg.

Cat. No. 20635: Compensator volgens Diesselhorst met ingebouwde compensatieweerstand voor het normaalelement en ingebouwde stroomregeling, met twee paar klemmen voor de te meten spanning, foutgrens 0,1‰.
Afmetingen: 615 x 480 x 220 mm.
Gewicht: 34 kg.

Cat. No. 202: Galvanometer bij Diesselhorst Compensator.
Afmetingen: 135 x 115 x 185 mm.
Gewicht: 1,85 kg.

Cat. No. 210: Galvanometeropstelling compleet.

Cat. No. 2001: Normaalelement volgens Weston.

Cat. No. 20631: Tweepolige thermokrachtvrije keuzeschakelaar met 12 standen, in kast.
Afmetingen: 280 x 260 x 200 mm.
Gewicht: 4,5 kg.

COMPENSATOREN MET HOGE WEERSTAND CAT. No. 20682 en 20683

De compensatoren 20682 en 20683, die wij kortheidshalve met de naam „Raps"-compensatoren aanduiden, worden gekenmerkt door een betrekkelijk hoge weerstand van het meetgedeelte. Ze zijn vooral daar op hun plaats, waar niet al te kleine electrische spanningen zeer nauwkeurig gemeten moeten worden. Een wat hogere weerstand van het te meten object heeft bij deze compensatoren niet direct een ongewenst grote vermindering van de meetgevoeligheid tengevolge.
De Raps-compensator, waarvan het meetcircuit geheel is opgebouwd uit zorgvuldig geijkte weerstanden en uiterst betrouwbare schakelaars, geeft het meetresultaat direct afleesbaar in vijf cijfers.
De normaal door ons geleverde uitvoering van de Raps-compensator wordt gegarandeerd tot op 0,1‰. Hierbij wordt gestreefd naar de grootst mogelijke inwendige nauwkeurigheid, waarbij er zorgvuldig op wordt gelet, dat het instrument tijdens het ijken voortdurend in temperatuurevenwicht blijft. Daarom is deze ijking zeer tijdrovend.
We merken op, dat de compensatoren zoals wij ze afleveren steeds aanmerkelijk nauwkeuriger zijn dan de door ons gegarandeerde precisie. Hierdoor en door zorgvuldig gecontroleerde fabricage voorkomen wij, dat de instrumenten

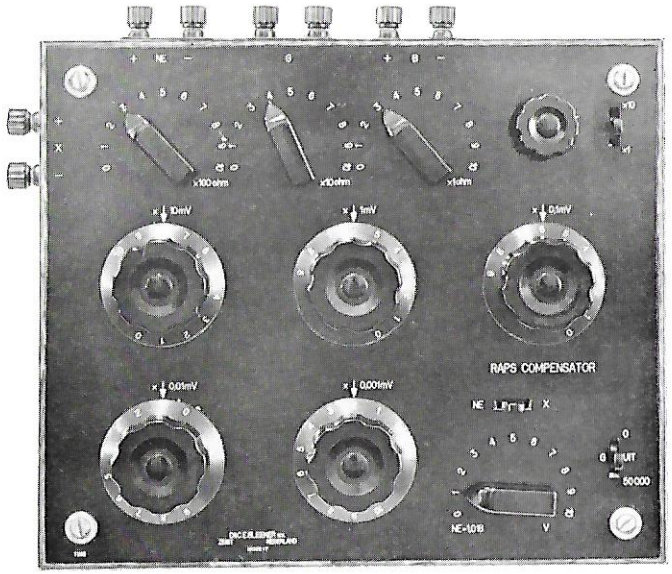

Fig. 19.
Raps-compensator
Cat. No. 20682

reeds na kort gebruik buiten hun gegarandeerde tolerantie komen te liggen.
Door het lage stroomverbruik van de Raps-compensator kan deze gemakkelijk worden ingericht voor het meten van hogere spanningen. Behalve een uitvoering met meetbereiken van 0,111110 en 1,11110 Volt leveren wij derhalve ook een uitvoering met meetbereiken 0,111110, 1,11110 en 11,1110 Volt. Het meetbereik 1,11110 Volt is hier dubbel.
De Raps-compensator met twee meetbereiken, cat. no. 20682, heeft als stroombron een batterij van 4 Volt nodig. De stroomsterkte bedraagt 1,1 mA; afhankelijk van de stand van de meetbereikschakelaar vloeit hiervan òf 1 mA òf 0,1 mA door het meetgedeelte. De beide meetbereiken kunnen dus verwisseld worden zonder dat de instelling van de meetstroom verandert.
Bij de Raps-compensator met drie meetbereiken, Cat. No. 20683, zijn drie aansluitklemmen voor de batterij aanwezig, namelijk één + pool en twee — polen. Wanneer men een batterij van 6 V aansluit tussen de polen + en —6 V, beschikt men over de meetbereiken 1,11110 V en 0,111110 V. De stroomsterkte bedraagt dan 3,1 mA. Hiervan vloeit 2 mA door de compensatieweerstand voor het normaalelement en 1,1 mA door het meetgedeelte, dat verder gelijk is aan het meetgedeelte van compensator 20682.
Wanneer evenwel een batterij van 14 V wordt aangesloten tussen de klemmen + en — 14 V, beschikt men over de meetbereiken 11,1110 V en 1,11110 V. De stroomsterkte bedraagt in dat geval 13 mA, waarvan 2 mA door de compensatieweerstand vloeit en de rest door het meetgedeelte. Onafhankelijk van de gebruikte batterij-aansluiting kunnen de bij deze aansluiting behorende twee meetbereiken onderling verwisseld worden, zonder dat de instelling van de meetstroom verandert.
Een schema van het meetgedeelte van het instrument is afgebeeld in fig. 20. Hieruit blijkt, dat het meetcircuit geshunt is zodanig, dat alléén door verzetten van de schakelaar U wordt bereikt, dat hetzij 10/11, hetzij 1/11

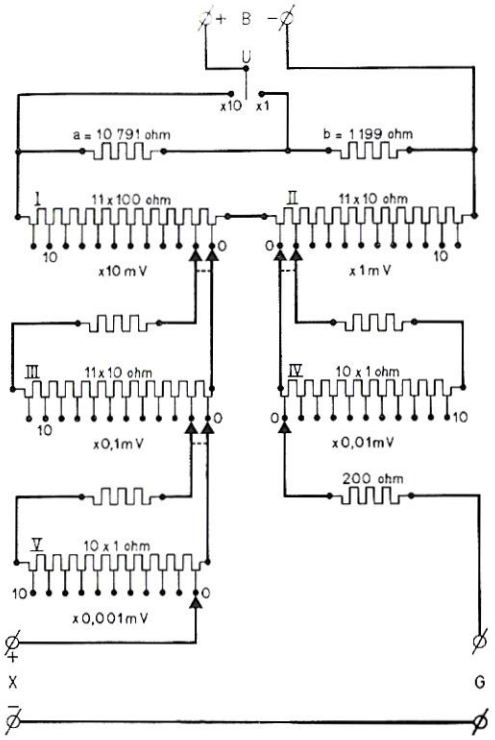

Fig. 20. Schakelschema van de Raps-compensator

van de totale stroom door het meetcircuit stroomt. Het is direct in te zien, dat de weerstand b slechts precies gelijk moet zijn aan de weerstand van het meetcircuit om zeker te zijn, dat omzetten van U geen verandering van de meetstroom tengevolge heeft. Het meetbereik verandert hiermee evenwel met een factor tien.
De eerste en tweede decade staan in serie en voeren een stroom van 0,1 mA wanneer het meetbereik van 0,111110 Volt wordt gebruikt, voor de meetbereiken 1,11110 en 11,1110 Volt is dit respectievelijk 1 mA en 10 mA. Eén tiende van deze stromen vloeit door de decaden III en IV en nog weer één tiende hiervan door decade V. Met weerstanden van 100 ohm in de eerste decade, 10 ohm in decaden II en III en 1 ohm in IV en V ontstaat voor ieder het juiste potentiaalverval.
Uit het schema blijkt, dat de weerstand in de galvanometerkring sterk afhankelijk is van de instelling der decaden. Om te voorkomen, dat de galvanometer bij metingen in het laagste deel van het meetbereik teveel zou kruipen, is een vaste weerstand van 200 ohm in de galvanometerkring aangebracht. Gebruikt men nu een galvanometer met een aperiodische grensweerstand van 200 ohm, dan behoeft men het hinderlijke kruipen niet te vrezen. Om bovendien te voorkomen, dat de galvanometer te lang slingert wanneer grote weerstanden in de kring aanwezig zijn, hebben wij de speciaal voor deze compensator bedoelde galvanometer (cat. no. 207) voorzien van enkele dempingswindingen op de spoel, waardoor deze ook in open kring na slechts weinig slingeringen tot rust komt.
Bij de Raps-compensator is de compensatieweerstand voor het normaalelement instelbaar. Hierdoor is aanpassing mogelijk aan de werkelijke spanning van het normaalelement en wel in het gebied van 1,0180 tot 1,0190 V opklimmend met stappen van 0,1 mV.
Door het geringe stroomverbruik van de Raps-compensator is het toelaatbaar, het meetbereik te verdubbelen door gebruik te maken van twee normaalelementen. Nadere bijzonderheden over deze methode, waardoor dus het stroomloos meten van spanningen tot ruim 22 V binnen het bereik van compensator 20683 komt, worden medegedeeld in de bij elk instrument geleverde uitvoerige gebruiksaanwijzing.
We merken op, dat de in onze Raps-compensatoren ingebouwde regelweerstand voor het instellen van de meetstroom ook bij toepassen van de boven aangeduide methode voor verdubbeling van het meetbereik nog een uiterst soepele regeling geeft, zodat bij het compenseren van het normaalelement de galvanometer zonder moeite in de evenwichtsstand gebracht kan worden.

Kort samengevat heeft de Raps compensator dus de volgende kenmerken:

1e Compacte opstelling door ingebouwde stroomregeling.
2e Instellen en controleren van de meetstroom onafhankelijk van de stand van de compensator.
3e Aflezing van het meetresultaat in vijf cijfers.
4e Veranderen van meetbereik door eenvoudig omzetten van één schakelaar.

5e Leverbaar met meetbereik tot 11,1110 Volt.

6e Instelbare compensatieweerstand voor normaalelement.

7e Verdubbeling van elk meetbereik door gebruik te maken van twee normaalelementen.

De uitvoering van de Raps-compensator is uitwendig gelijk aan die van onze decadebanken, nl. mahoniehouten kast met aansluitklemmen langs de zijden. Stofdichte afsluiting van de schakelaars door zwart gemoffelde aluminium dekplaat, die voor eventueel reinigen van de contactbanen gemakkelijk kan worden losgenomen. Decadeschakelaars van speciale constructie met contactdruk geheel onafhankelijk van de bij het schakelen uitgeoefende krachten. Contactborstels gemakkelijk voor reiniging toegankelijk. Goed gedimensioneerde knoppen en zeer duidelijke en overzichtelijke gravering. Roodkoperen thermokrachtvrije aansluitklemmen. Het instrument wordt geleverd met uitvoerige gebruiksaanwijzing.

Cat. No. 20682: Compensator volgens Raps, meetbereik 0,111110 en 1,11110 V, tolerantie 0,1‰.
Afmetingen: 430 x 370 x 195 mm.
Gewicht 15,2 kg.

Cat. No. 20683: Compensator volgens Raps, meetbereik 0,111110, 1,11110 en 11,1110 Volt, tolerantie 0,1‰.
Afmetingen: 430 x 370 x 195 mm.
Gewicht: 15,5 kg.

Cat. No. 207: Galvanometer bij Raps-compensator.
Afmetingen: 135 x 115 x 185 mm.
Gewicht: 1,85 kg.

Cat. No. 210: Galvanometeropstelling compleet.

Cat. No. 2001: Normaalelement volgens Weston.

SPANNINGSDELERS

Spanningsdelers worden gebruikt om potentiaalverschillen, die anders te hoog zouden zijn, binnen het meetbereik van compensatoren te brengen. Het zijn in principe hoge weerstanden, die voorzien zijn van één of meerdere aftakkingen. Wordt de te meten spanning aangesloten op de gehele weerstand, dan kan men aan de aftakking een bekend gedeelte van deze spanning met behulp van de compensator meten. De onbekende spanning is dan in eerste benadering het product van de meetverhouding van de spanningsdeler en de met de compensator gemeten spanning. Wanneer de inwendige weerstand van de spanningsbron niet ten opzichte van de weerstand van de spanningsdeler verwaarloosd kan worden en bijvoorbeeld p % er van bedraagt, moet het meetresultaat met p % vermeerderd worden.
Bij de spanningsdelers van onze serie 2000 mag aan de einden van de meetweerstand een spanning tot 1000 Volt worden aangesloten. Aan de aftakking die voor de compensator is bestemd en die van aparte klemmen is voorzien, wordt dan een spanning van 1 Volt gemeten. De meetverhouding is in dit geval dus gelijk aan duizend. Doordat evenwel een aantal extra klemmen zijn aangebracht staan ook de verhoudingen 300, 100, 30, 10 en 3 ter beschikking. Het is dus altijd mogelijk om de meest doelmatige verhouding voor de meting uit te kiezen.
De waarde van de meetweerstand bedraagt 100 000 ohm bij de spanningsdeler cat. no. 2075; deze mag dus met 10 mA worden belast. De deelweerstand aan de compensator bedraagt 100 ohm. De spanningsdeler cat. no. 2076 heeft een meetweerstand van 1000 000 ohm, die met 1 mA mag worden belast. De deelweerstand aan de compensator bedraagt hier 1000 ohm. In beide uitvoeringen bestaat de weerstand geheel uit zorgvuldig verouderd manganin.
De ijking van de spanningsdelers sluit geheel aan bij die van onze precisiecompensatoren. Er wordt gestreefd naar een zo groot mogelijke inwendige nauwkeurigheid. Bij het ijken worden alle voorzorgen genomen, dat de bank voortdurend in temperatuurevenwicht is. Wij garanderen een foutgrens van 0,1‰, bij de aflevering is het instrument evenwel aanmerkelijk nauwkeuriger.
De uitvoering van de spanningsdelers cat. no. 2075 en 2076 sluit aan bij de uitvoering van de weerstandsbanken uit onze serie 2000. De instrumenten zijn gemonteerd in een mahoniehouten kast. De zwart gemoffelde dekplaat van deze kast draagt aan de onderzijde de weerstanden, bovenop de zorgvuldig geïsoleerde aansluitklemmen. Bij iedere klem is de spanning aangegeven welke overeenkomt met een spanning van 1 Volt aan de compensatorklemmen.
Ook in de technische 2100-serie wordt door ons een spanningsdeler gemaakt. Deze bestaat uit een weerstand van 1000 000 ohm, met aftakkingen voor de te meten spanning bij 500000, 250000, 50000, 25000, 5000 en 2500 ohm en voor aansluiting van de compensator bij 500 ohm. Aan de einden mag een spanning van hoogstens 2000 Volt worden aangesloten. Kast en dekplaat met aansluit-

klemmen komen overeen met de normale uitvoering van de 2100-serie. Wij garanderen een nauwkeurigheid binnen 1‰.

Cat. No. 2075: Spanningsdeler 1000 V 10 mA, foutgrens 0,1‰.
Afmetingen: 315 x 245 x 177 mm.
Gewicht: 6 kg.

Cat. No. 2076: Spanningsdeler 1000 V 1 mA, foutgrens 0,1‰.
Afmetingen: 315 x 245 x 188 mm.
Gewicht: 6 kg.

Cat. No. 2175: Spanningsdeler 2000 V 2 mA, foutgrens 1‰.
Afmetingen: 280 x 100 x 135 mm.
Gewicht: 2,5 kg.