

1944/'45

1^e Stuk

Bibliothèque ①

De voortplanting van het Getij

Bepaald met behulp van de Electrotechniek

door H.J. Strobant

2^e Stuk DS 146 VEENOOIJ

PRIVE
DS 144

Atwood

Privo

DS 144

DE VOORTEPLANTING VAN HET GETIJT BEPAALD MET BEHULP

VAN DE ELECTROTECHNIEK.

Opdracht No. 14.

Verlangd wordt, een nota betreffende het onderzoek, dat thans plaats vindt ingevolge mijn voorstel van 12 November 1943, aangaande de wenschelijkheid eener bepaling van getijden voor nieuwe riviertoestanden langs electrischen weg.

De proeven, die daaromtrent te Hilversum en bij de P.T.T. te 's-Gravenhage zijn genomen, moeten worden beschreven, zooda de berekeningen, die er aan ten grondslag hebben gelegen. De uitkomsten dier proeven moeten worden gesteld naast de berekende. De verschillen zouden, indien mogelijk, verklaard moeten worden.

De analogie tusschen de electrische en hydraulische grootheden moet worden uitgelegd, voortbouwende op hetgeen in mijn artikel in "de Ingenieur" van 1937: "Getijstroomberekening met behulp van wetten analoog aan die van Ohm en Kirchhoff" is gegeven. De energiekwestie wordt later ingevolge een afzonderlijke opdracht behandeld.

De voor- en nadeelen van de verschillende schakelschema's dienen te worden besproken. Opmerkingen over de vergelijking van de verschillende berekeningsmethoden zijn welkom.

vV/P

DE HOOFDINGENIEUR,

Stauben

Aan

den Heer H.J. Stroband,
Opzichter van den
Rijkswaterstaat,
te 's-GRAVENHAGE.-

I N H O U D

Inleiding.

- § 1 Onderlinge vergelijking van de rekenmethoden uit de hydrodynamica en de electrotechniek.
- § 2 De omvorming van de kwadratische weerstandswet tot een lineaire.
- § 3 De analogie tusschen de dynamische- en continuïteitsvergelijking uit de kabeltelegrafie en de gelineariseerde dynamische vergelijking en continuïteitsvergelijking uit de hydrodynamica.
- § 4 De éenheden in de hydrodynamica en de electrotechniek met de dimensies der verschillende grootheden.
- § 5 De opbouw van de "electrische schakeling" en de meetproeven te Hilversum. (1ste proef)
- § 6 Integratie van de gelineariseerde bewegingsvergelijking. Methode om electrisch exact aan de vierpoolvergelijkingen te voldoen.
- § 7 De berekening van de getijbeweging op de Lek bij een opperwaterafvoer van $920 \text{ m}^3/\text{sec}$. met de in § 6 afgeleide formules.
- § 8 De praktische uitvoering van de 2de proef en de resultaten van de metingen.
- § 9 Het nabootsen van een homogene riviersectie van l km door middel van een aantal π of τ secties.

- § 10 De praktische uitvoering van de 3de proef en de resultaten van de metingen.
- § 11 Het reciproke schema.
- § 12 Niet lineaire stroom-spanningskarakteristieken.
- § 13 Niet lineaire netwerken.
- § 14 Korte samenvatting en conclusies.

Aanhangsel.

Het elektrisch meten van stroom en spanning, resp.

horizontaal- en verticaalget; in verschillende punten van een schakeling voorstellende de rivier "de Lek".

3 Bijlagen.

6 Foto's.

Inleiding.

Ingevolge Uw opdracht van Januari 1944, heb ik de eer U H.E.G. de hierblygaande nota aan te bieden.

Zoals door U reeds in Uw artikel in de "Ingenieur" (№ 19, jrg 1937) is aangetoond, is de analogie tusschen de voornaamste begrippen van de electriciteitsleer en de waterloopkunde de volgende:

<u>Waterloopkunde</u>	<u>Electrotechniek</u>
Opperwaterafvoer	Gel. kstroom
Getijstroom ($M_2 + M_4 + M_6$ enz)	Wisselstroom (grondfrequentie + harmonische boventonen)
Drukverschil	Spanningsverschil
Bedweerstand	Draadweerstand
Levendekracht	E.M.K. van zelfinductie
Komberging	Capaciteit
Lekverliezen	Afleiding

Ook de wetten, welke beide verschijnselen beheerschen, vertoonen groote overeenkomst.

De bewegingsvergelijking en de continuïteitsvergelijking uit de hydrodynamica, na verwaarloozing van de centrifugaalkracht en de kracht van Bernoulli, zien er als volgt uit:

$$I \quad \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\delta p}{\delta x} = - \frac{g |s_x| s_x}{C^2 R^3} - \frac{l}{R} \frac{\delta s}{\delta t} \quad (\text{bewegingsvergelijking})$$

$$II \quad \frac{\delta s}{\delta x} = - B_0 \frac{\delta h}{\delta t} - \alpha h \quad (\text{continuïteitsvergelijking; zie proefschrift van ir. J. R. Mazure blz. 190})$$

In de telegrafie komen ze in de volgende gedaante voor:

$$III \quad \frac{\delta u}{\delta x} = - i \cdot R - L \frac{\delta i}{\delta t} \quad (\text{bewegingsvergelijking})$$

IV $\frac{\delta i}{\delta x} = -C \frac{\delta u}{\delta t} - A \cdot u$ (continuïteitsvergelijking)

De analogie tussohen de waterloopkunde en de electrotechniek kan men aan de hand van de overeenkomstige termen uit de bewegingsvergelijkingen en continuïteitsvergelijkingen verder uitwerken.

De vergelijkingen uit de telegrafie worden toegepast voor homogene stroomgeleiders of een systeem van zulke stroomgeleiders, waarvan de afmeting in de richting, waarin een elektrische verstoring zich voortplant, zoo groot is, dat de optredende grootheden niet alleen afhankelijk van de tijd, doch ook van de plaats op den geleider is.

Onder een dergelijke leiding zal voortaan een stelsel van twee stroomgeleiders worden verstaan, die op een afstand, welke zeer klein is t.o.v. de lengte der geleiders, evenwijdig van elkaar zijn, aangebracht.

De weerstand wordt in de hydrodynamica evenredig gesteld met het kwadraat der snelheid en omgekeerd evenredig met de hydraulische straal.

Derhalve is de wrijvingkracht:

$$W = \frac{g \cdot \rho \cdot |s| \cdot s}{C^2 \cdot F^2 \cdot R}$$

per volume éénheid, waarin C de constante van Eytelwein is.

Vergelijkt men $\frac{g \cdot \rho \cdot |s| \cdot s}{C^2 \cdot F^2 \cdot R}$ met $-i \cdot R$, dan blijkt de weerstand in de hydrodynamica kwadratisch te zijn en in de electrotechniek lineair.

Vergelijking I is dan ook een partieele kwadratische differentiaalvergelijking, terwijl vergelijking III een partieele lineaire differentiaalvergelijking is. Er treedt hier dus een belangrijk verschil aan den dag tusschen de electrotechniek en de hydrodynamica. De eerste volgt de z.g. kwadratische, de tweede de lineaire wet.

Nu gelden voor lineaire netten enkele belangrijke eigenschappen n.l.

De elementen (weerstand, zelfinducties, capaciteiten en wederkerige inducties) moeten onafhankelijk van de stroom of spanning zijn.

De netten moeten passief zijn, d.w.z. ze mogen geen energiebronnen bevatten.

De netten bevatten elementen, welke niet afhankelijk van den tijd zijn.

De lineaire netten hebben, indien aan bovenstaande eigenschappen is voldaan, drie fundamenteele eigenschappen n.l.

a Het superpositiebeginsel.

Wanneer in het systeem op een plaats A een E.M.K.; $E_1(t)$ werkt, moge in een andere tak op een plaats B een stroom $I_1(t)$ ontstaan. Wanneer later op dezelfde plaats A een E.M.K. $E_2(t)$ werkt, moge op de plaats B een stroom $I_2(t)$ ontstaan. Het superpositiebeginsel zegt dat, wanneer beide E.M.K. gelijktijdig op dezelfde plaats werken, dus wanneer op de plaats A een E.M.K. $E_1(t) + E_2(t)$ werkt, op de plaats B een stroom $I_1(t) + I_2(t)$ zal ontstaan of in andere woorden: wanneer twee oorzaken gelijktijdig werken, zal het resultaat de som van de ^{resultaten} oorzaken der beide oorzaken zijn.

b. Reciprociteitsbeginsel.

Het beginsel der reciprociteit luidt als volgt:

Wanneer in de k^e tak een E.M.K. ($E_k(t)$) werkt, moge in de l^e tak een stroom $I_{kl}(t)$ ontstaan; werkt later de E.M.K. ($E_k(t)$) in de l^e tak dan zal in de k^e tak dezelfde stroom $I_{kl}(t)$ ontstaan, als voorheen in de l^e tak.

c. Behoud der frequentie.

Het beginsel van behoud der frequentie luidt als volgt:

Wanneer ergens in het systeem slechts één sinusvormige E.M.K. met de frequentie $n.t.$ werkt, zullen in het geheele systeem slechts spanningen en stroomen voorkomen met dezelfde frequentie $n.t.$

In de hydrodynamica gelden zoolang de weerstand kwadratisch is, bovenstaande eigenschappen niet. Derhalve werd reeds door Prof. Lorentz in het verslag Staatscommissie Zuiderzee de kwadratische weerstandsterm vervangen door een lineaire uitdrukking. Daar Prof. Lorentz voor de Waddenzee de invloed van opperwater (gel.kstroom) verwaarloozen mocht en door hem de diepte niet variabel ingevoerd werd, werden bovenstaande eigenschappen ook bij de getjeberekening voor de Zuiderzee en Waddenzee toegepast. De bij de berekening van de getbeweging der Zuiderzee toegepaste methode Lorentz heeft blijk gegeven goede voorspellingen te kunnen geven voor een getjvoortplanting als op de Zuiderzee en Waddenzee voorkomt. De berekening beperkt zich echter tot het berekenen van de voortplanting van het M_2 getj. (electrotechniek - grondfrequentie).

Door Dr. Ir. J.P. Mazure werd de door Prof. Lorentz opgestelde berekeningsmethode uitgebreid voor stroomen, waar de

afvloeiing van oppervlaktewater niet te verwaarlozen is. Bovendien werd de verandering van de diepte tengevolge van de getijbeweging niet verwaarloosd.

Een gevolg hiervan is echter, dat het net niet meer passief is, d.w.z. aan de eigenschap

$$V_1 = \alpha V_2 + \beta I_2$$

$$I_1 = \gamma V_2 + \delta I_2$$

waarbij tusschen de grootheden α , β , γ en δ nog een betrekking bestaat n.l.

$$\alpha \delta - \gamma \beta = 1$$

wordt niet meer voldaan.

Er geldt namelijk:

$$\alpha \delta - \gamma \beta = e^{-(r_1 + r_2)l}$$

Zoals in § 3 zal worden aangetoond, is het mogelijk door een benadering er voor te zorgen, dat het net passief wordt, zoodat dezelfde eigenschappen gelden als voor lineaire netten in de electrotechniek.

Een gevolg van de kwadratische weerstand in de hydrodynamica is, dat het superpositiebeginsel (punt a.) niet geldt. Het verticaal getij wordt beïnvloed door de oppervlaktewaterafvoer. Dit in tegenstelling met de electrotechniek, waarin wordt verondersteld, dat slechts lineaire elementen voorkomen. Hierbij wordt de wisselstroom immers niet door de gelijkstroom beïnvloed.

Ook geldt in de hydrodynamica het beginsel van behoud van frequentie (punt c.) niet. Aangetoond zal worden, dat de kwadratische weerstandswet oorzaak is, dat ook bovenharmonischen optreden.

Door linearisatie van de kwadratische weerstandswet en na het passief maken van het net is het mogelijk de waterbeweging op een stelsel van rivieren electrisch na te bootsen.

Daar in de leidingen tevens condensatoren voorkomen, is het

onmogelijk de wisselspanning en gelijkspanning tegelijk te meten. Echter ook door het lineariseeren van de kwadratische weerstandsterm (§ 2) blijkt, dat voor de wisselspanningmetingen andere weerstanden in rekening gebracht moeten worden dan voor de gelijkspanningmetingen.

Tengevolge van de ingevoerde benaderingen voor het verkrijgen van een lineaire weerstandsterm enz. moet nog veel rekenwerk verricht worden en komt men slechts trapsgewijze tot de uiteindelijke uitkomst.

Daar echter de hoofdwensch is tot een experiment te komen, welke zoo mogelijk ook de kwadratische weerstand weergeeft, werd gezocht naar een element, waarvoor de stroom-spanningskarakteristiek ook kwadratisch verloopt.

Er bestaan nu z.n. Cuprox-cellen. Dit zijn kleine metaalgelkrichters, waarvan de stroom-spanningskarakteristieken kunnen worden voorgesteld door:

$$i = k \cdot e^2 \text{ voor } i > 0$$

$$i = 0 \text{ voor } i < 0$$

Bijna alle waarden voor k kunnen worden genomen, doch de wet van Chézy eischt elementen, die aan het verloop

$$e = k \cdot i^2 \text{ voor } i > 0$$

$$e = -k \cdot i^2 \text{ voor } i < 0$$
 beantwoorden.

Door tegengesteld schakelen der Cuproxcellen kan men nu wel verkrijgen:

$$i = k \cdot e^2 \text{ voor } i > 0$$

$$i = -k \cdot e^2 \text{ voor } i < 0$$

Uit metingen is gebleken, dat bepaalde in de handel zijnde cellen, de z.g. Westinghouse-J-cellen zeer goed aan bovenstaande eigenschappen voldoen.

Nu bestaat er in de electrotechniek het z.g. dualistische schema, welke voor het weergeven van den kwadratischen weerstand

van fundamenteele beteekenis. In § 11 zal n.l. worden aangetoond, dat bij een dualistisch schema de rol van stroom en spanning kunnen worden verwisseld.

Hetzelfde dualistische principe blijft ook nog geldig, wanneer men met een niet lineaire weerstand, zooals de Cuproxcellen te doen heeft. Het blijkt dan, dat in het dualistische schema de Cuproxcel, voor zoover daarvoor geldt, dat het kwadraat van de spanning evenredig is met de stroom ($V^2 = K \cdot I$) moet vervangen worden door een weerstand, waarvoor geldt, dat het kwadraat van de stroom evenredig is met de spanning ($V = K \cdot I^2$). Dus een weerstand, die aan de wet van Chézy gehoorzaamt.

Omgekeerd kan dan ook een systeem waarin kwadratische weerstanden optreden vervangen worden door een dualistisch systeem, dat Cuproxcellen bevat. (§ 13)

Daar de weerstand in de hydrodynamica bovendien omgekeerd evenredig is met de hydraulische straal, is het gevolg hiervan, dat er twee termen optreden in de bewegingsvergelijking, waarvan de ééne evenredig is met de wisselspanning, terwijl de andere evenredig is met de verandering van de wisselspanning met den tijd.

Deze termen zijn oorzaak, dat de vierpool niet passief is, en dus een energiebron moet bevatten. Het elektrisch weerstand geven van beide termen wordt nog nader bestudeerd, maar nu is al reeds kan worden gezegd, dat de term evenredig met de wisselspanning zich laat realiseeren door middel van een radiolamp. In deze nota zullen drie proeven behandeld worden, welke dienen om de voortplanting van het M_2 -getij op de lek elektrisch na te bootsen.

De 1ste proef werd daartoe verricht in het laboratorium

van de Nederlandsche Radio Omroep te Hilversum, door Ir. J. J. Galuk n.i., die het schema met de elektrische constanten van den Studiedienst der Directie Benedenrivieren ontving. Met een meettoestel, geconstrueerd door bovengenoemden ingenieur, was het niet alleen mogelijk onmiddellijk de stroom- resp. spanningsamplituden af te lezen, maar tevens de fasen ervan. Dit geschiedde door middel van een daartoe geschikt gemaakte kathodestraalbuis.

Daar echter de proeven te Hilversum moesten geschieden, stuitte dit ook door de drukke werkzaamheden van Ir. Galuk op bezwaren. Vooral het onmiddellijke contact tusschen het laboratorium en den Studiedienst der Directie Beneden Rivieren ontbrak, mede tengevolge van de oorlogsmoeilijkheden.

Door de welwillende medewerking van de P.T.T. werd het mogelijk verdere proeven te verrichten in het laboratorium van de P.T.T. te den Haag. Door den Directeur van de P.T.T. werd hiervoor aangewezen Ir. W. H. van Zoest, ingenieur van het lab. Vooral door de samenwerking met Ir. van Zoest kwam de 2de en 3de proef tot stand en werd het dualiteitsprincipe verder uitgewerkt.

De 2de proef heeft, evenals de 1ste proef, betrekking op de voortplanting van het M_2 -getij op de Lek. Hierbij werd echter een meer exacte weergave betracht door middel van vier polen. En bleek, dat hierbij nog tamelijk veel rekenwerk noodig was. Of- schoon het systeem van vier polen gehandhaafd bleef, werden de uit de rivierconstanten volgende elektrische grootheden onveranderd gebruikt. Hiertoe werd nagegaan, welke vaklengten gebruikt konden worden, om zoo goed mogelijk exact aan de bewegingsvergelijking te voldoen. Dit leidde tot de 3de proef.

Proeven met behulp van Cuprox-cellen en een reciproke schema

9
-kunnen momenteel niet worden verricht, daar geen voldoende cellen, welke aan het kwadratisch karakter beantwoorden, aanwezig zijn. Deze proeven zullen uitgesteld moeten worden tot na den oorlog, zoodra weer contact gezocht kan worden met fabrikanten van de metaalgelijkrichters.

§ 1 Onderlinge vergelijking van de rekenmethoden uit de hydrodynamica en elektrotechniek.

De beschikbare rekenmethoden, welke in de hydrodynamica gebruikt worden, kan men onderverdeelen in twee hoofdgroepen, n.l.:

- 1e Een methode, welke berust op het lineariseeren van het probleem beheerschende differentiaalvergelijkingen.
- 2e De exacte methode.

Daar de wrijving in de hydrodynamica ongeveer evenredig is met de tweede macht van de stroomsnelheid en wanneer men de wrijving overeenkomstig deze wet in de bewegingsvergelijking invoert, komt men tot formules, die niet kunnen worden geïntegreerd.

In het verslag Staatscommissie Zuiderzee werd daarom een weerstand ingevoerd, die evenredig is met de eerste macht van de stroomsnelheid. Er werd hier dus een benadering ingevoerd, maar men verkreeg integreerbare formules. De differentiaalvergelijkingen, welke na de linearisatie de waterbeweging beheerschen, stemmen volledig overeen met die uit de kabeltelegrafie. Daar de vergelijkingen nu lineair zijn, zal men uitgaande van een zuiver sinusoidaal verlopend getij in zee (M_2 -getij), voor alle punten van het rivierennet een beweging vinden, die, zowel verticaal als horizontaal

(stroom) door een sinusoidale kan worden voorgesteld. Amplitude en fase van zoe'n sinusoidale (of grootte en richting van den vector, die daarmee overeenkomt) zijn de beide gegevens, die het verloop van de beweging volledig bepalen (zie Inleiding c, Behoud der frequentie). Uiteraard moet er voor gezorgd worden, dat de coëfficiënt, die de grootte van de benaderende lineaire weerstand bepaalt, de juiste waarde heeft. (Zie §2). Bij deze methode wordt over het geheele getijd de doorstromingsprofielen constant gedacht. Men heeft dan ook een z.g. lineair-passief net verkregen.

Door Dr. Ir. J.P. Mazure wordt in zijn proefschrift de bovengenoemde methode uitgebreid en geschikt gemaakt voor het berekenen van de getijbeweging op beneden-rivieren. Op de beneden-rivieren treedt n.l. een complicatie op in den vorm van den afvoer van oppervlaktewater, die zich op de getijbeweging superponeert. Een gevolg hiervan is, dat de stroomkromme aanzienlijk gaat afwijken van de zuivere sinusoidale vorm. Bovendien wordt de diepte d.w.z. het dwarsprofiel variabel ingevoerd. Een onmiddellijk gevolg hiervan is, dat z.g. distorsie verschijnselen optreden, of m.a.w. men heeft een niet-passief lineair net verkregen. De differentiaalvergelijkingen, welke door Mazure gevonden worden, zijn dan ook niet onmiddellijk te vergelijken met de differentiaalvergelijkingen uit de kabel-telegrafie. Ze bevatten n.l. twee termen, welke in de telegrafie niet voorkomen. Door een kleine benadering kan echter het net passief gemaakt worden, zoodat de analogie tusschen de hydrodynamica en de telegrafie volledig opgaat. De berekeningsmethode, gebruikelijk in de electrotechniek, stemt voor passieve lineaire netten dan ook volledig overeen met de door Mazure ontwikkelde methode, na passief maken van het net. Opgemerkt dient nog te worden, dat bovenstaande berekeningen uitgevoerd worden met behulp van complexe grootheden.

Kan men bovenomschreven methode rangschikken onder de z.g. "eenvoudige methoden", tot de ingewikkelde methoden behoort de "exacte methode".

De "exacte methode" berust op reeksontwikkeling. De variabele x wordt in perioden verdeeld en door de variabele t wordt het differentiaal-karakter van de vergelijkingen behouden. Deze vergelijkingen worden geïntegreerd in de vorm van een machtreeks van x , waarbij de coëfficiënten willekeurige, grafisch voor te stellen functies van t zijn.

De eerste praktische toepassing van dit principe vond plaats bij zeearmen als de z.g. "exacte methode" van het verslag St.C.Z., terwijl door Dr. J.J. Dronkers, de formules zoodanig worden vervormd, dat zij voor toepassing op de beneden-rivieren geschikt worden.

Vanuit ^{technisch} elektrisch standpunt bekeken, zou de exacte methode zich ervoor leenen, om niet lineaire vervormingen te berekenen. Niet lineaire vervorming, meestal distorsie genoemd, treedt o.a. op in versterkers, waarin versterkerlampen en transformatoren, in het algemeen niet lineaire elementen voorkomen. Niet lineaire vervorming beteekent derhalve, het ontstaan van nieuwe frequenties, die niet voorkomen in de inkomende spanning.

Na onderlinge vergelijking van de verschillende rekenmethoden uit de hydrodynamica en electrotechniek blijkt, dat de door Prof. Lorentz ontwikkelde methode in het verslag St.C.Z. volledig overeenstemt met de in de electrotechniek gebruikelijke rekenmethode. Alleen de eenheden en de gebruikelijke termen verschillen. De door Mazure ontwikkelde methode laat zich na een kleine benadering ook vergelijken met de in de electrotechniek geldende rekenmethode.

Daar de exacte methode niet op gesloten integratie berust, kan deze methode niet met één of andere methode uit de electrotechniek worden vergeleken.

In de volgende paragraaf zal nu ^{de} bij de methoden Lorentz-Mazure noodzakelijke omvorming van de kwadratische weerstandswet tot een lineaire worden behandeld.

§2 De omvorming van de kwadratische weerstandswet tot een lineaire.

In een artikel van prof. Dr. H.A. Lorentz, luidende:

"Het in rekening brengen van den weerstand bij schommelende vloeistofbewegingen" komt het volgende voor:

"Bij de behandeling van vraagstukken, die met de afsluiting der Zuiderzee in verband staan, bleek het wenschelijk van de getijbeweging, met inachtneming van den wrijvingsweerstand, rekenschap te geven. Dit zou weinig moeite kosten, als men den weerstand evenredig aan de werste macht van de snelheid mocht stellen. In werkelijkheid is dit niet geoorloofd; de weerstand is ten naaste bij $C.V^2$, waarbij C één van de waterdiepte afhankelijke, uit waarnemingen bekende constante is. Voert men echter deze uitdrukking in, dan worden de bewegingsvergelijkingen, daar zij niet meer lineair zijn, vrij onhandelbaar.

Dit heeft geleid tot een benaderende wijze van rekenen, hierop neerkomende, dat men een weerstand evenredig aan de eerste macht der snelheid, stel $-K.v$, aanneemt en dan in elk geval de coëfficiënt K zoo goed mogelijk aan de werkelijkheid aanpast. Daartoe is de voorwaarde ingevoerd, dat bij de uit de formule afgeleide beweging, de negatieve arbeid van den onderstelden weerstand, gedurende een volle (of wel een halve) periode gelijk is aan den arbeid van den werkelijken weerstand $C.v^2$."

Uit het bovenstaande blijkt, dat, ingeval men met een onveranderlijke snelheid v te doen heeft, de ingevoerde weerstand $-K.v$ gelijk moet zijn aan den weerstand

$$-\frac{g.v^2}{C.F.R}$$

Hieraan wordt voldaan, indien

$$K = \frac{g.v}{C.F.R} = \frac{g.S}{C.F.R} \quad (v = \frac{S}{F})$$

By niet stationnaire stroomen is het vraagstuk ingewikkelder, omdat de afvoer s hierbij varieert tusschen de uiterste waarden s_m en $-s_m$.

Wordt $\sigma = \sigma_0 \cos (nt - \varphi)$ gesteld, dan wordt de negatieve arbeid, verricht door den lineairen weerstand:

$$-\frac{K}{F^2} \int_0^{2\pi} \sigma_0^2 \cos^2 (nt - \varphi) dt$$

en de arbeid, verricht door den kwadratischen weerstand:

$$-\frac{g}{C.F^2.R} \int_0^{2\pi} \sigma_0^3 \cos^3 (nt - \varphi) dt$$

Door deze waarden aan elkaar gelijk te stellen, vindt men

voor K :

$$K = \frac{g}{C.F.R} \cdot \frac{\int_0^{2\pi} \sigma_0^3 \cos^3 (nt - \varphi) dt}{\int_0^{2\pi} \sigma_0^2 \cos^2 (nt - \varphi) dt} = \frac{8}{3\pi} \cdot \frac{g \cdot \sigma_0}{C.F.R}$$

Analoog aan deze werkwijze, heeft Dr. J. J. Dronkers in zijn artikel: "Een getijberekening voor Beneden-Rivieren" (de Ingenieur N^o 34, jrg. 1935) de negatieve arbeid berekend volgens den lineairen en kwadratischen weerstandsterm, indien

$$s = S + \sigma_0 \cos (nt - \varphi)$$

gesteld wordt.

In dit artikel worden de volgende gevallen onderscheiden:

$$1^e \sigma_0 < S$$

$$2^e \sigma_0 > S$$

In het eerste geval is de arbeid, verricht volgens den lineairen weerstandsterm gelijk aan:

$$- \frac{K}{n \cdot C \cdot F \cdot R} \int_0^{2\pi} \{ S + G_0 \cos (nt - \varphi) \}^2 \cdot dnt$$

envolgens den kwadratischen weerstandsterm:

$$- \frac{K}{n \cdot C \cdot F \cdot R} \int_0^{2\pi} \{ S + G_0 \cos (nt - \varphi) \}^3 \cdot dnt$$

Door deze twee termen aan elkaar gelijk te stellen vindt men voor:

$$K = \frac{g \cdot S}{C \cdot F \cdot R} \cdot \frac{2 \cdot S^3 + 3 \cdot S \cdot G_0^2}{2 \cdot S^2 + G_0^2}$$

Voor $G_0 = 0$ wordt:

$$K = \frac{g \cdot S}{C \cdot F \cdot R}$$

Dan is $I = \frac{g \cdot S^2}{C \cdot F \cdot R}$ (formule van De Ohézy)

In het tweede geval wisselt $S + G$ van teeken en wel indien $S : G = \sin \varepsilon$ wordt gesteld bij onderstaande waarden voor $nt - \varphi$ n.l.:

$$nt - \varphi = \frac{\pi}{2} + \varepsilon \pm 2 \cdot k \cdot \pi$$

$$nt - \varphi = \frac{3\pi}{2} - \varepsilon \pm 2 \cdot k \cdot \pi$$

De arbeid, verricht volgens den kwadratischen weerstandsterm kan men nu als volgt schrijven:

$$- \frac{g \cdot G_0^3}{n \cdot C \cdot F \cdot R} \int \left| \sin \varepsilon + \cos \theta \right| \cdot (\sin \varepsilon + \cos \theta)^2 \cdot d\theta$$

Daar deze functie symetrisch is, $f(\theta) = f(-\theta)$, kan men volstaan met tweemaal de som der integralen te nemen tusschen de grenzen 0 en $\frac{\pi}{2} + \varepsilon$ en $\frac{\pi}{2} + \varepsilon$ en π

Bovenstaande integraal wordt nu voor deze groepen:

$$- \frac{g \cdot G_0^3}{n \cdot C \cdot F \cdot R} \left\{ \int_0^{\frac{\pi}{2} + \varepsilon} (\sin \varepsilon + \cos \theta)^3 \cdot d\theta - \int_{\frac{\pi}{2} + \varepsilon}^{\pi} (\sin \varepsilon + \cos \theta)^3 \cdot d\theta \right\}$$

Na integratie van $\int (\sin \varepsilon + \cos \theta)^3 \cdot d\theta$ vindt men hiervoor:

$$\theta \sin^3 \varepsilon + 3 \sin^2 \varepsilon \cdot \sin \theta + 3 \sin \varepsilon \cdot \left(\frac{\sin 2\theta}{2} + \theta \right) + \frac{1}{3} \cos^2 \theta \cdot \sin \theta + \frac{2}{3} \sin \theta$$

Door het invoeren van bovenstaande grenzen vindt men voor de totale verrichte arbeid:

$$-\frac{g \cdot G_0^3}{n \cdot C \cdot F \cdot R} \cdot (4\xi \sin^3 \xi + 7 \cdot 1/3 \sin^2 \xi \cos \xi + 6\xi \sin \xi + 8/3 \cos \xi)$$

De arbeid, verricht volgens den lineairen weerstandsterm wordt:

$$-\frac{K \cdot G_0^2}{F^2 \cdot n} \int (\sin \xi + \cos \xi)^2 d\xi$$

Door het invoeren van dezelfde integratiegrenzen vindt men hiervoor:

$$-\frac{K \cdot G_0^2}{F^2 \cdot n} (2 \cdot \pi \sin^2 \xi + \pi)$$

Hieruit volgt voor:

$$K = \frac{g \cdot G_0}{C \cdot F \cdot R} \left\{ \frac{4\xi \sin^3 \xi + 7 \cdot 1/3 \sin^2 \xi \cdot \cos \xi + 6\xi \sin \xi + 8/3 \cos \xi}{2\pi \sin^2 \xi + \pi} \right\}$$

Hiervoor kan men in 't kort schrijven:

$$K = \frac{g \cdot G_0 \cdot m_1}{C \cdot F \cdot R}$$

Grafisch zijn de waarden m_1 voor $\sin \xi = \frac{G_0}{S}$ uitgezet op

bijlage 1.

Is de gemiddelde afvoerkromme op een plaats uit metingen bekend, dan is het eenvoudiger de factor K grafisch te bepalen.

De verrichte arbeid volgens den kwadratischen weerstandsterm is:

$$-\frac{g}{C \cdot F \cdot R} \int \left\{ S + G_0 \cos (nt - \varphi) + G_0' \cos (2nt - \varphi) \dots \right\}^2 dt$$

De verrichte arbeid volgens den lineairen weerstandsterm is:

$$-\frac{K}{F^2} \int \left\{ S + G_0 \cos (nt - \varphi) + G_0' \cos (2nt - \varphi) \dots \right\}^2 dt$$

Voor de factor K vindt men dan:

$$K = \frac{g}{C \cdot F \cdot R} \cdot \frac{\int \left\{ S + G_0 \cos (nt - \varphi) + G_0' \cos (2nt - \varphi) \dots \right\}^2 dt}{\int \left\{ S + G_0 \cos (nt - \varphi) + G_0' \cos (2nt - \varphi) \dots \right\}^2 dt}$$

Bij het bepalen van de integratiegrenzen stuit men nu echter op groote moeilijkheden. Voor K wordt nu geschreven:

$$K = \frac{g \cdot S}{C \cdot F \cdot R} \cdot \frac{\int \frac{1}{s^3} dt}{\int \frac{1}{s^2} dt}$$

De krommen $w = \sqrt{s}^3$ en $w' = s^2$ kunnen geteekend worden en de integralen door planimetrie bepaald worden.

In deze door Dr. J.J. Dronkers aangegeven methode komt echter in het geheel niet tot uitdrukking, dat de kwadratische weerstandsterm bij de voortplanting van het M-getij boven getijden doet ontstaan.

Ir. J.L. Mazure heeft in zijn proefschrift dit bezwaar volledig ondervangen.

In dit proefschrift wordt de kwadratische weerstandsterm $\sqrt{s} \cdot \sigma$. ($S + \sigma$) in een Fourier reeks ontwikkeld. Ook hier moet men twee gevallen onderscheiden, n.l.

1e $\sqrt{s} > \sigma$.

2e $\sqrt{s} < \sigma$.

In het eerste geval wordt:

$$\sqrt{s + \sigma} \cdot (S + \sigma) = (S + \sigma)^2 = S^2 + 2 S \sigma + \sigma^2$$

$$S^2 + 2 S \sigma_0 \cos (nt - \varphi) + \sigma_0^2 \cos^2 (nt - \varphi) \quad \left\{ \sigma_0 = \sigma_0 \cos (nt - \varphi) \right\}$$

$$\left(S^2 + \frac{1}{2} \sigma_0^2 \right) + 2 S \sigma_0 \cos (nt - \varphi) + \frac{1}{2} \sigma_0^2 \cos 2 (nt - \varphi).$$

Van het rechterlid is de eerste term constant, de tweede term heeft de frequentie van het hoofdgetij, de derde term een hogere frequentie. Stelt men de Fourier reeks in het algemeen voor door:

$$S_0 \left\{ m_0 + m_1 \cos (nt - \varphi) + m_2 \cos 2 (nt - \varphi) \dots \dots \dots \right\}$$

waarin S_0 de grootste der beide stroomen voorstelt, dan is, indien $\sqrt{s} > \sigma$,

$$m_0 = 1 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_0^2}{S^2}$$

$$m_1 = \frac{2 \cdot \sigma_0}{S}$$

$$m_2 = \frac{1}{2} \frac{\sigma_0^2}{S^2}$$

Voor het geval, dat $\sqrt{s} < \sigma$, wisselt $S + \sigma$ van teeken en wel indien $S/\sigma = \sin \epsilon$ wordt gesteld, bij een waarde van

$$nt - \varphi = \frac{\pi}{2} + \epsilon$$

... Men krijgt, als θ wordt geschreven voor $\pi - \varphi$:

$$\frac{1}{S} + \frac{G}{\sigma_0} \cdot \frac{1}{\sigma_0} (S + G) = \frac{G^2}{\sigma_0^2} \cdot \frac{1}{\sin \xi + \cos \theta} = \frac{1}{\sigma_0^2} (\sin \xi + \cos \theta)$$

Men kan nu bovenstaande vorm in een Fourier reeks ontwikkelen:

$$\frac{G^2}{\sigma_0^2} \frac{1}{\sin \xi + \cos \theta} = \frac{1}{\sigma_0^2} (m_0 + m_1 \cos \theta + m_2 \cos 2\theta + m_3 \cos 3\theta + \dots)$$

Het bepalen van de dimensionloze coëfficiënten m_0 , m_1 , m_2 , ... geschiedt nu op de bekende wijze.

Als resultaat vindt men voor m_0 , m_1 , m_2 , ... achter-éénvolgens:

$$m_0 = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{3} \sin \xi \cos \xi + \xi (1 + 2 \sin^2 \xi) \right]$$

$$m_1 = \frac{4}{\pi} \cdot \left[\cos \xi + \xi \sin \xi - \frac{1}{3} \cos^3 \xi \right]$$

$$m_2 = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{2}{3} \sin \xi \cos^3 \xi + (\sin \xi \cos \xi + \xi) \right]$$

De waarden m_0 , m_1 , en m_2 zijn voor de beide gevallen,

$\frac{1}{S} > \frac{G}{\sigma_0}$ en $\frac{1}{S} < \frac{G}{\sigma_0}$ grafisch voorgesteld op bijlage 1.

De dimensionloze coëfficiënten, m_0 , m_1 , en m_2 zijn voor $\frac{1}{S} > \frac{G}{\sigma_0}$ uitgedrukt in de verhouding van $\frac{G}{\sigma_0}$, terwijl, indien $\frac{1}{S} < \frac{G}{\sigma_0}$, m_0 , m_1 , en m_2 uitgedrukt zijn in de goniometrische verhoudingen $\sin \xi$ en $\cos \xi$.

Nu is het wel wenschelijk, ook deze goniometrische verhoudingen te vervangen door de verhouding $\frac{S}{\sigma_0}$ of functies hiervan.

Daar $\sin \xi = \frac{S}{\sigma_0}$ was gesteld wordt $\cos \xi = \sqrt{1 - \frac{S^2}{\sigma_0^2}}$ en $\xi = \arcsin \frac{S}{\sigma_0}$.

Na substitutie van de uitdrukkingen voor $\sin \xi$, $\cos \xi$ en ξ vindt men vrij ingewikkelde functies voor m_0 , m_1 en m_2 . Men doet dan ook veel eenvoudiger, de functies m_0 , m_1 en m_2 nadat ze grafisch zijn voorgesteld, te benaderen door een eenvoudige functie van de verhouding $\frac{S}{\sigma_0}$ (zie bijlage 1).

Uit deze bijlage blijkt, dat voor $S = 0$, de waarden m_1 en m_2 aan elkaar gelijk zijn. Dat dit het geval moet zijn, is gemakkelijk in te zien.

Stel, dat $f(t) = \frac{1}{2}a_0 + a_1 \cos nt + a_2 \cos 2nt + \dots + b_1 \sin nt + b_2 \sin 2nt + \dots$ een goniometrische reeks voorstelt. Het kenmerk van een Fourier reeks is, dat haar coëfficiënten a_k, b_k zich eenvoudig voor de functie $f(t)$ laten berekenen.

Zoo is de algemeene uitdrukking voor

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cdot \cos kt \cdot dt \quad \text{en voor}$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cdot \sin kt \cdot dt$$

$f(t)$ wordt voor het geval dat $S = 0$,

$f(t) = \frac{1}{2} \left[\cos(nt - \varphi) + \cos(nt + \varphi) \right] \cdot G_0 \cos(nt - \varphi)$. Indien men $nt - \varphi = \theta$ stelt wordt $f(t) = \frac{1}{2} G_0 \cos^2 \theta$.

$$= \frac{1}{4} G_0^2 \cos^2 \theta$$

Daar deze functie even is, ($f(\theta) = f(-\theta)$) is het niet mogelijk, dat de Fourier reeks termen met $\sin \theta$ bevat, zoodat deze wordt:

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + a_1 \cos nt + a_2 \cos 2nt + \dots$$

Daar $S = 0$ is $\frac{1}{2} a_0 = 0$.

$$\text{Voor } a_1 \text{ vindt men } a_1 = \frac{2}{\pi} G_0^2 \int_{\frac{1}{2}\pi}^{\frac{3}{2}\pi} \cos^2 \theta / \cos \theta \cdot d\theta = \frac{8}{3\pi} G_0^2$$

Deze integraal is ook te schrijven als:

$$a_1 = \frac{2}{\pi} G_0^2 \frac{\int_{\frac{1}{2}\pi}^{\frac{3}{2}\pi} \arccos^2 \theta / \cos \theta \cdot d\theta}{\int_{\frac{1}{2}\pi}^{\frac{3}{2}\pi} \cos^2 \theta \cdot d\theta}$$

De teller bevat dezelfde integraal, welke voorkomt bij de verrichte arbeid volgens den kwadratischen weerstandsterm, terwijl de noemer een integraal bevat, welke voorkomt bij de verrichte arbeid volgens den lineairen weerstandsterm.

Onmiddellijk blijkt uit blage 1, dat de waarden voor m_0 en m_1 , welke volgen uit de methode, ontwikkeld door Prof. Lorentz voor zuivere get stroomen, en door Dr. J. J. Dronkers

geschikt gemaakt voor het samenspannen van opperwaterafvoer en getjstroom, aanzienlijk afwijken van de door Dr. Ir. J.P. Mazure opgegeven waarden.

De vraag rijst, welke van de beide methoden de meest juiste is. Hierbij valt het op, dat de waarden m_2 en m_3 , welke Mazure aangeeft, bij de andere methoden geheel ontbreken.

Dat deze moeten ontbreken is eenvoudig in te zien, daar de lineaire weerstandsterm geschreven is in den vorm:

$$\frac{k \cdot s}{b \cdot h} = \frac{k}{b \cdot h} \cdot \left\{ S + S_0 \cos (nt - \varphi) \right\}$$

De kwadratische weerstandsterm wordt na harmonische analyse:

$$\frac{S_0^2}{C \cdot b \cdot h^2 \cdot R} \cdot \left\{ m_0 + m_1 \cos (nt - \varphi) + m_2 \cos 2 (nt - \varphi) \dots \right\}$$

m.a.w. de kwadratische weerstandsterm is oorzaak, dat de voortplanting van een sinusoidaal get., bovengetijden doet ontstaan, welke in overeenstemming met de werkelijkheid de dubbele en drievoudige frequentie van het hoofdget. (M_2) bezitten.

Uit het voorafgaande blijkt, dat het lineariseeren van de kwadratische weerstandsterm door middel van harmonische analyse (Dr. Ir. J.P. Mazure) de werkelijkheid beter weergeeft, dan de linearisatie door middel van de arbeidsvoorwaarde (Prof. Lorentz - Dr. J.J. Dronkers). Voortaan zal dan ook de door Mazure ontwikkelde methode gebruikt worden.

§3

De analogie tusschen de dynamische- en continuïteitsvergelijking uit de kabeltelegrafie en de gelineariseerde dynamische vergelijking en continuïteitsvergelijking uit de hydrodynamica.

In de kabeltelegrafie luidt de bewegingsvergelijking:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = - R \cdot i - L \cdot \frac{\partial i}{\partial t}$$

Hieraan toegevoegd wordt de continuïteitsvergelijking:

$$\frac{\delta i}{\delta x} = -A \cdot u - C \cdot \frac{\delta u}{\delta t}$$

In deze vergelijkingen zijn R, L, A en C resp. de weerstand, de coëfficiënt van zelfinductie, afleiding en capaciteit. Alles per éénheid van lengte.

De afleiding doet een gedeelte van den stroom van de eene leiding naar de andere overgaan, zoodat de stroomsterkte geleidelijk afneemt. De capaciteit heeft een soortgelijke werking, doordat ze wisselstroom doorlaat; alleen verschilt de capaciteitsstroom 90° in fase met den afleidingsstroom. De afleidingsstroom zou men kunnen vergelijken met water, dat verdwijnt tengevolge van kwel, lekken enz. Immers de kwel en lek zullen ook maximaal zijn indien de waterstand maximaal is.

De dynamische vergelijking uit de hydrodynamica wordt na weglating van de termen van Bernoulli en de centrifugaalkrachten als volgt geschreven:

$$\rho g \cdot \frac{\delta z}{\delta x} = - \frac{\rho g \cdot s \cdot s}{C \cdot F \cdot R} - \frac{\rho}{F} \cdot \frac{\delta s}{\delta t}$$

Hieraan wordt toegevoegd de continuïteitsvergelijking:

$$\frac{\delta s}{\delta x} = -B_0 \cdot \frac{\delta h}{\delta t} - dh$$

Veronderstelt men de volgende analogie tusschen de electrotechniek en de hydrodynamica n.l.:

Hoeveelheid electriciteit (Coulomb)	→	hoeveelheid water
stroom (Ampère)	→	stroom
spanning (Volt)	→	druk

dan kunnen de termen uit de dynamische vergelijkingen en continuïteitsvergelijkingen onderling worden vergeleken. Tusschen de diverse termen bestaat dan de volgende analogie:

$$\frac{\delta u}{\delta x} \longrightarrow \rho \cdot g \cdot \frac{\delta z}{\delta x}$$

$$R \cdot i \longrightarrow \frac{\rho \cdot g \cdot s \cdot s}{C^2 \cdot F^2 \cdot R}$$

$$L \frac{\delta i}{\delta t} \longrightarrow \frac{\rho}{F} \cdot \frac{\delta s}{\delta t}$$

$$\frac{\delta i}{\delta x} \longrightarrow \frac{\delta \sigma}{\delta x}$$

$$A \cdot u \longrightarrow \alpha \cdot h$$

$$C \cdot \frac{\delta u}{\delta t} \longrightarrow B \cdot \frac{\delta h}{\delta t}$$

Uit bovenstaande analogie blijkt dus, dat in de electrotechniek verondersteld wordt, dat de stroom-spanningskarakteristiek lineair verloopt, terwijl in de hydrodynamica de stroom-spanningskarakteristiek nagenoeg kwadratisch is. In de vorige § werd reeds een methode beschreven om de kwadratische weerstandsterm te lineariseeren. Met behulp van deze door Mazure ontwikkelde methode en na het inrekening brengen van de verandering van de diepte wordt de bewegingsvergelijking voor het berekenen van de voortplanting van het M_2 -get. in het beneden-rivieren-gebied als volgt:

$$\frac{\delta p}{\delta x} = \rho \cdot g \cdot \frac{\delta \eta}{\delta x} = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S^2 \cdot b_w}{F_m^3}} \left\{ -\frac{1}{g \cdot F_m} \cdot \frac{\delta \sigma}{\delta t} + \frac{S(B_0 + b_w)}{g \cdot F_m^2} \frac{\delta \eta}{\delta t} - \frac{(m_1 - \chi m_2 \cdot \eta_0 \cdot \cos(K - \varphi)) \cdot S_0^2 \cdot \sigma}{(C^2 \cdot F^2 \cdot R)_m} + \frac{\chi(m_2 - \frac{1}{2} m_2) \cdot S_0^2 \cdot \eta}{(C^2 \cdot F^2 \cdot R)_m} \right\}$$

Uit de analogie volgt:

$$L = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S^2 \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \cdot \frac{1}{g \cdot F_m}$$

$$R = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S^2 \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \cdot \left\{ \frac{m_1 - \chi m_2 \cdot \eta_0 \cdot \cos(K - \varphi)}{(C^2 \cdot F^2 \cdot R)_m} \right\} \cdot \frac{S_0^2}{\sigma_0}$$

Voor de termen met $\frac{\delta \eta}{\delta t}$ en η kan men zonder meer geen termen van de bewegingsvergelijking uit de kabeltelegrafie aanwijzen.

Deze termen kunnen echter door een kleine benadering gesplitst worden in termen met $\frac{\delta \sigma}{\delta t}$ en σ en wel als volgt:

Stelt men $\eta = \eta_0 \cos (nt-k)$ dan is

$$\frac{\delta \eta}{\delta t} = -n \cdot \eta_0 \sin (nt-k) = -n \cdot \eta_0 \sin (nt - \varphi + \varphi - k) =$$

$$-n \cdot \eta_0 \left\{ \sin (nt-\varphi) \cdot \cos (\varphi-k) + \cos (nt-\varphi) \cdot \sin (\varphi-k) \right\} =$$

$$\frac{\eta_0}{\mathcal{C}_0} \cos (\varphi-k) \cdot \left\{ -n \cdot \mathcal{C}_0 \sin (nt-\varphi) \right\} - \frac{n \cdot \eta_0}{\mathcal{C}_0} \cdot \sin (\varphi-k) \cdot \mathcal{C}_0 \cos (nt-\varphi)$$

$$\boxed{\frac{\delta \eta}{\delta t} = \frac{\eta_0}{\mathcal{C}_0} \cdot \cos (\varphi-k) \frac{\delta \mathcal{C}}{\delta t} - \frac{n \cdot \eta_0}{\mathcal{C}_0} \cdot \sin (\varphi-k) \cdot \mathcal{C}}$$

De uitdrukking voor η volgt nu uit

$$\eta = \int \frac{\delta \eta}{\delta t} \cdot \delta t$$

$$\eta = \int \frac{\eta_0}{\mathcal{C}_0} \cos (\varphi-k) \cdot \frac{\delta \mathcal{C}}{\delta t} \cdot \delta t - \int \frac{n \cdot \eta_0}{\mathcal{C}_0} \cdot \sin (\varphi-k) \cdot \mathcal{C} \cdot dt$$

$$\eta = \frac{\eta_0}{\mathcal{C}_0} \cos (\varphi-k) \cdot \mathcal{C} - \frac{n \cdot \eta_0}{\mathcal{C}_0} \cdot \sin (\varphi-k) \cdot \int \mathcal{C} \cdot dt \quad \text{of}$$

$$\boxed{\eta = \frac{\eta_0}{\mathcal{C}_0} \cos (\varphi-k) \cdot \mathcal{C} + \frac{\eta_0}{\mathcal{C}_0} \cdot \sin (\varphi-k) \cdot \frac{\delta \mathcal{C}}{\delta t}}$$

Opgemerkt dient te worden, dat de omwerking van η en $\frac{\delta \eta}{\delta t}$ in termen met $\frac{\delta \mathcal{C}}{\delta t}$ en \mathcal{C} alleen geldt voor de cirkelfrequentie n . De oplossingen, die hierdoor worden verkregen en meetresultaten van een electrisch model, gebouwd met de grootheden, L , R en $\frac{1}{C}$, (zie blz. 31) zullen dan ook alleen voor de cirkelfrequentie n gelden. In de constanten L , R en $\frac{1}{C}$ komen de waarden van η_0 en \mathcal{C}_0 voor, d.w.z. dat dit dus een eerste benadering voorstelt.

Indien niet lineaire elementen in het electrisch model gebruikt worden, waardoor harmonische frequenties ontstaan, moet er minstens voor gezorgd worden, dat het model ook voor deze harm. frequenties aan de diff. vergelijkingen voldoet.

Voor $\frac{\mathcal{C}_0}{n} \cdot \sin (nt-\varphi)$ kan worden geschreven $\int \mathcal{C} \cdot dt$, echter evengoed $\frac{\mathcal{C}_0}{n} \cdot \sin (nt-\varphi) = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{\delta \mathcal{C}}{\delta t}$. De uitdrukking met $\int \mathcal{C} \cdot dt$ geeft een condensator in serie met

$$\frac{1}{C} = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \cdot \frac{\chi(m_0 - \frac{1}{2} m_2)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2 \cdot \eta_0}{G_0} \cdot n \cdot \sin(\varphi - k)$$

of een zelfinductie met:

$$-L = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \cdot \frac{\chi(m_0 - \frac{1}{2} m_2)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2 \cdot \eta_0}{G_0} \cdot n \cdot \sin(\varphi - k)$$

Voor de cirkelfrequentie n zijn deze uitdrukkingen equivalent.

Bovenstaande omwerking geeft dus aanleiding tot een

frequentie-afhankelijke weerstandstoename.

Na omwerking wordt nu de bewegingsvergelijking:

$$\begin{aligned} \frac{\delta p}{\delta x} &= \rho \cdot g \cdot \frac{\delta \eta}{\delta x} = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \left[\left\{ -\frac{1}{g \cdot F_m} + \frac{S(B_0 + b_w)}{g \cdot F_m^2} \cdot \frac{\eta_0}{G_0} \cdot \cos(\varphi - k) \right\} \frac{\delta G}{\delta t} + \right. \\ &+ \left\{ -\frac{S(B_0 + b_w)}{g \cdot F_m^2} \cdot \frac{n \cdot \eta_0}{G_0} \cdot \sin(\varphi - k) - \frac{m_1 - m_2 \cos(k - \varphi)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2}{G_0} + \right. \\ &+ \left. \left. \frac{\chi(m_0 - \frac{1}{2} m_2)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2 \cdot \eta_0 \cos(k - \varphi)}{G_0} \right\} G \right] \\ &= \frac{\chi(m_0 - \frac{1}{2} m_2)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2 \cdot n \cdot \eta_0}{G_0} \cdot \sin(\varphi - k) \cdot \int G \cdot dt \end{aligned}$$

Vergelikt men na de omwerking de bewegingsvergelijkingen uit de hydrodynamica en de kabeltelegrafie onderling dan blijken de volgende overeenkomsten te bestaan.

$$\frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \left\{ -\frac{1}{g \cdot F_m} + \frac{S(B_0 + b_w)}{g \cdot F_m^2} \cdot \frac{\eta_0}{G_0} \cdot \cos(\varphi - k) \right\}$$

$$R = \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}} \left[\frac{S(B_0 + b_w)}{g \cdot F_m^2} \cdot \frac{n \cdot \eta_0}{G_0} \cdot \sin(\varphi - k) + \right.$$

$$\left. + \frac{m_1 - m_2 \cos(k - \varphi)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2}{G_0} - \frac{\chi(m_0 - \frac{1}{2} m_2)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2 \cdot \eta_0 \cos(k - \varphi)}{G_0} \right]$$

$$\frac{1}{C} = \frac{\chi(m_0 - \frac{1}{2} m_2)}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot \frac{s_0^2 \cdot n \cdot \eta_0}{G_0} \cdot \sin(\varphi - k) \cdot \frac{\rho \cdot g}{1 - \frac{S \cdot b_w}{g \cdot F_m^3}}$$

De kombergingsvergelijking

$$\frac{\delta G}{\delta x} = -B_0 \frac{\delta \eta}{\delta t}$$

is analoog met de betrekking:

$$\frac{\delta i}{\delta x} = -C \frac{\delta u}{\delta t}$$

In dit verband is het gewenscht de definitie in te voeren van

de capaciteit van de komberging n.l.

$$C = \frac{\text{toename waterberging}}{\text{toename druk}} = B_0 \cdot \frac{\delta h}{\delta p} = \frac{B_0}{\delta p / \delta h} = \frac{B_0}{\rho \cdot g}$$

Bovenstaande uitdrukkingen voor L , R , $\frac{1}{C}$ en G zijn allen per éénheid van lengte.

Bovenstaande kombergingscapaciteit C neemt een andere plaats in dan de capaciteit C' . In de bewegingsvergelijking komt een term voor, waarin de waterhoogte als veranderlijke voorkomt.

In het voorafgaande zagen we reeds, dat deze term zich laat splitsen in twee gedeelten, n.l. een term met \mathcal{G} en een term met $\int \mathcal{G} dt$ of $\frac{\delta \mathcal{G}}{\delta t}$. Bij de opbouw van het model wordt de term met $\int \mathcal{G} dt$ door een condensator in serie voorgesteld, d.w.z. in serie met den weerstand en de zelfinductie, omdat hij een E.M.K. in de keten teweeg brengt.

In het proefschrift van Mazure wordt nagegaan in hoeverre aan de bewegingsvergelijking:

$$\gamma_m \frac{\delta \eta}{\delta x} = \frac{1}{g \cdot F_m} \cdot \frac{(1 - b_w \cdot \eta)}{F_m} \cdot \frac{\delta \mathcal{G}}{\delta t} + \frac{S + \mathcal{G}}{g \cdot F_m^2} \cdot (B_0 + b_w) \cdot \frac{\delta \eta}{\delta t} + \frac{S^2 \cdot b_w}{g \cdot F_m^3} \cdot \frac{\delta \eta}{\delta x} + \frac{S + \mathcal{G}}{(C \cdot F \cdot R)_m} \cdot (1 - x \cdot \eta)$$

kan worden voldaan door enkelvoudige harmonische grootheden met de periode van het hoofdget. (M_1). Daartoe werd gesteld:

$$\eta = \eta_0 \cdot \cos (nt - k)$$

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 \cdot \cos (nt - \phi)$$

Na substitutie van deze uitdrukkingen in bovenstaande vergelijking wordt het rechterlid van deze vergelijking gesplitst in drie soorten termen, n.l.

- constante termen
- termen met de frequentie van het hoofdget.
- termen met hogere frequentie

In het voorafgaande werd reeds uiteengezet, op welke wijze men de voortplanting van het hoofdget. "electrisch" kan voorstellen.

De constante termen leveren een uitdrukking voor het middenstandsverval, n.l.

$$\gamma_m = \frac{-m_0 \cdot s_0^2 \cdot l \cdot g \cdot \rho}{(C^2 F^2 R)_m} + \frac{m_1 \cdot \alpha \cdot \eta_0 \cdot s_0^2 \cdot \cos(k-\varphi) \cdot l \cdot \rho \cdot g}{2 \cdot (C^2 F^2 R)_m}$$

Stel $S > \sigma_0$, dan wordt dit:

$$\gamma_m = \frac{s^2 \cdot l \cdot \rho \cdot g}{(C^2 F^2 R)_m} \cdot \left\{ -m_0 + \frac{m_1 \cdot \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)}{2} \right\}$$

$$\text{Stel } K = \frac{-\rho \cdot g \cdot l \cdot S}{(C^2 F^2 R)_m} \cdot \left\{ -m_0 + \frac{m_1 \cdot \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)}{2} \right\}$$

Vergelijkt men de uitdrukking voor γ_m met de wet van Ohm voor gelijkstroom, dan is K analoog met R en dus

$$R = \frac{\rho \cdot g \cdot l \cdot S}{(C^2 F^2 R)_m} \cdot \left\{ m_0 - m_1 \cdot \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi) \right\}$$

Is $S < \sigma_0$ dan zien bovenstaande constante termen er als volgt uit (zie bijlage 1)

$$\begin{aligned} \gamma_m &= \frac{l \cdot \rho \cdot g}{(C^2 F^2 R)_m} \cdot \left\{ -s^2 (0,415 - 0,555 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)) + \right. \\ &+ S \cdot \sigma_0 (1,085 - 0,0205 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)) - 0,4245 \sigma_0^2 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi) \left. \right\} \\ \gamma_m &= \frac{l \cdot \rho \cdot g \cdot S^2}{(C^2 F^2 R)_m} \cdot \left\{ (0,415 - 0,555 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)) + \frac{\sigma_0}{S} (1,085 - 0,0205 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)) \right. \\ &- 0,4245 \cdot \frac{\sigma_0^2}{S^2} \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi) \left. \right\} \end{aligned}$$

Hieruit volgt voor R :

$$\begin{aligned} R &= \frac{g \cdot \rho \cdot l \cdot S}{(C^2 F^2 R)_m} \cdot \left\{ (0,415 - 0,555 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)) + \right. \\ &+ \frac{\sigma_0}{S} (1,085 - 0,0205 \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi)) - 0,4245 \cdot \frac{\sigma_0^2}{S^2} \alpha \cdot \eta_0 \cdot \cos(k-\varphi) \left. \right\} \end{aligned}$$

§ 4 De eenheden in de hydrodynamica en de electrotechniek, met de dimensies der verschillende grootheden.

De gelineariseerde bewegingsvergelijking uit de hydrodynamica wordt na de herleiding, zooals in de vorige § is aangegeven:

$$\frac{\delta b}{\delta x} = \rho \cdot g \cdot \frac{\delta \eta}{\delta x} = -R \cdot \sigma - L \cdot \frac{\delta \sigma}{\delta t} - \frac{1}{\sigma} \cdot \int \sigma \cdot dt$$

Voor de continuïteitsvergelijking wordt geschreven:

$$\frac{\delta G}{\delta x} = - C \frac{\delta \eta}{\delta t}$$

Gaat men uit van het technische éénhedenstelsel n.l.

éénheid van lengte ----- 1 meter

éénheid van kracht ----- 1 K.G.

éénheid van tijd ----- 1 sec.

dan volgt hieruit voor:

de éénheid van stroomsterkte ----- 1 m³/sec.

de éénheid van spanning ----- 1 K.G. /m²

Uit de gelineariseerde bewegingsvergelijking uit de hydrodynamica volgt nu voor de éénheid van:

weerstand ----- $\frac{\text{druk}}{\text{afvoer}}$ ----- 1 K.G. sec. m⁻⁵

zelfinductie ----- $\frac{\text{druk}}{\text{toename afvoer}}$ ----- 1 K.G. sec². m⁻⁵

capaciteit ----- $\frac{\text{toename waterbeweging}}{\text{toename druk}}$ ----- 1 K.G.⁻¹. m⁵

-Reeds werd de analogie tusschen de hydrodynamica en electrotechniek behandeld n.l.

Hoeveelheid electriciteit (Coulomb)	Hoeveelheid water	Dimensie
		l ³
Stroom (Ampère)	stroom	l ³ .t ⁻¹
Spanning (Volt)	druk	Kr. l ⁻²
Weerstand (Ohm)	weerstand	Kr. t. l ⁻⁵
Zelfinductie (Henry)	zelfinductie	Kr. t ² . l ⁻⁵
Capaciteit (Farad)	capaciteit v.d. komberging	l ⁵ . Kr ⁻¹

De dichtheid, d.i. de massa per volume-éénheid heeft in het m. KG. sec. stelsel de dimensie KG.m⁻⁴. sec² en heeft voor water de waarde 102; het soortelijk gewicht, dus het gewicht per volume éénheid is $\rho_g = 1000$.

Berekent men de dimensies van de uitdrukkingen voor R, L, C en $\frac{1}{C}$ uit de vorige paragraaf, dan blijkt dat die over-

eenstemmen met bovenstaande dimensies. Hierbij is dan te bedenken, dat de constanten van Eytelwein de dimensie $l \cdot t^{-2}$ heeft.

Men stelt nu:

$$1 \text{ KG/m}^2 \text{ ----- } a \text{ volts}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } b \text{ Coulombs}$$

$$1 \text{ t}_w \text{ ----- } c \text{ t}_e$$

t_w stelt de tijdséénheid voor in de hydrodynamica en t_e de tijdséénheid in de electrotechniek.

De drie factoren a, b en c kunnen willekeurig gekozen worden, in 't geheel op ∞^3 verschillende manieren. Ze moeten echter zoodanig worden vastgesteld, dat ze, in verband met de apparaten, die bij de elektrische metingen voorhanden zijn, ook practisch bruikbaar zijn.

Bij de 1e proef (zie §5) werd bij de metingen gebruik gemaakt van een spanning met een frequentie van 1000 Hz, d.w.z. 1000 trillingen per seconde. De trillingstijd bedraagt dan 10^{-3} seconden. In de getbeweging duurt een trilling van het hoofdgetij (M_2) 12 h. 25 min = 44700 sec.

Hieruit volgt:

$$10^{-3} \cdot t_e = 44700 \cdot t_w$$

$$t_w = \frac{10^{-3}}{44700} \cdot t_e = 2,24 \cdot 10^{-8} t_e \text{ en dus}$$

$$C = 2,24 \cdot 10^{-8}$$

De afvoer wordt gegeven in m^3/sec , overeenkomende met $\frac{b}{c}$ Amp.

Stelt men nu dat $1 \text{ m}^3/\text{sec} \triangleq 10^{-5} \text{ Amp.} = 0,01 \text{ m Amp.}$, dan volgt hieruit voor $b = 2,24 \cdot 10^{13}$

Neemt men nu verder aan, dat $1 \text{ KG/m}^2 \triangleq 0,01 \text{ Volt}$ dan is

$$a = 0,01$$

Uit $1 \text{ KG/m}^2 = 0,01 \text{ Volt}$ volgt, dat 1 m water overeenkomt met 10 Volt.

De weerstand heeft de dimensie

$$\frac{\text{Kr. } l^{-2}}{l^3 \cdot t_w^{-1}} \text{ in het m. KG.sec.stelsel}$$

Hieruit volgt, dat de eenheid van verstand uit de hydrodynamica overeenkomt met $0,01 \text{ Volt} = 1000 \text{ Ohm} \cdot 10^{-5} \text{ Amp.}$

De zelfinductie heeft de dimensie:

$$\frac{\text{Kr.} \cdot l^{-2}}{\rho^2 \cdot t^{-2}}$$

Hieruit volgt, dat de eenheid van zelfinductie in het m.KG.sec. stelsel uit de hydrodynamica overeenkomt met:

$$\frac{0,01 \text{ Volt}}{10^{-5} \text{ Amp.}} = \frac{2,24 \cdot 10^{-9}}{2,24 \cdot 10^{-9}} = 2,24 \cdot 10^{-5} \text{ Henry}$$

De capaciteit heeft de dimensie:

$$\frac{l^3}{\text{Kr.}}$$

Hieruit volgt, dat de eenheid van capaciteit in het m.KG.sec. stelsel uit de hydrodynamica overeenkomt met:

$$\frac{2,24 \cdot 10^{-13}}{0,01 \text{ Volt}} \text{ Coulomb} = 2,24 \cdot 10^{-11} \text{ Farad} = 22,4 \text{ p.F.}$$

Voor de leproef werden met behulp van de gemeten profielsgrootheden, de geschatte get. stroom amplituden en de waargenomen oppervaterafvoer de onderstaande grootheden berekend. Ze zijn uitgedrukt in het m.KG.sec. stelsel en hebben betrekking op de rivier de Lek met een bovenwaterafvoer van $920 \text{ m}^3/\text{sec.}$ (zie berekening periode 1, proefschrift Ir. J.P. Mazure) en bijlage 4 a-b-c.

Vak	R	L	C	C'
Krimpen-Streefkerk	0,557	677,3	3070,5	58158
Streefkerk-Schoonhoven	1,0508	919,1	2445,1	22645
Schoonhoven-Jaarsveld	2,5634	1710	2997,5	7646
Jaarsveld-Vreeswijk	3,502	2033,3	2562,5	5196
Vreeswijk-Culemborg	5,4947	2827,5	2675	3082
Culemborg-Wijk bij Duurstede	6,881	3153,5	2832	2813

omgerekend in elektrische grootheden worden deze waarden:

Vak	R	L	C	C'
Krimpen-Streefkerk	557 Ω	15,2 m H	68800 pF	1305000 pF
Streefkerk-Schoonhoven	1050,8 Ω	20,6 m H	54900 pF	509000 pF
Schoonhoven-Jaarsveld	2563,4 Ω	38,4 m H	67200 pF	172000 pF
Jaarsveld-Vreeswijk	3502 Ω	46,6 m H	57500 pF	116400 pF
Vreeswijk-Culemborg	5494,7 Ω	63,5 m H	60000 pF	69200 pF
Culemborg-Wijk b., Duurstede	6881 Ω	71 m H	68800 pF	63200 pF

Opm. Bovenstaande elektrische grootheden hebben betrekking op de vaklengte l en zijn dus niet per éénheid van lengte.

- De randvoorwaarde te Krimpen a/d Lek is, evenals in het proefschrift van Ir. Mazure, vastgesteld op $0,681 \cos(nt - \varphi)$. De amplitude van de wisselspanning wordt dan 6,81 Volt.

§ 5- De opbouw van de "electrische schakeling" en de meetproeven te Hilversum. (1e proef)

In het accoustisch laboratorium van den Nederlandschen Radio Omroep te Hilversum werd door Ir. J.J. Geluk n.i. op verzoek van Dr. Ir. Joh. van Veen, een "electrische schakeling" van het riviervak Krimpen a/d Lek-Culemborg gemaakt. De elektrische grootheden, die hierbij werden gebruikt zijn vermeld op blz. 29 § 4

Voor ieder riviervak werd een aantal weerstanden genomen en wel zoodanig, dat $100 \Omega : R_1 : R_2 = R$

De weerstand van 100Ω dient voor stroommeting in het riviervak, terwijl de som van de weerstanden tennaastenbij de waarde vormt, welke correspondeert met den vereischten weerstand.

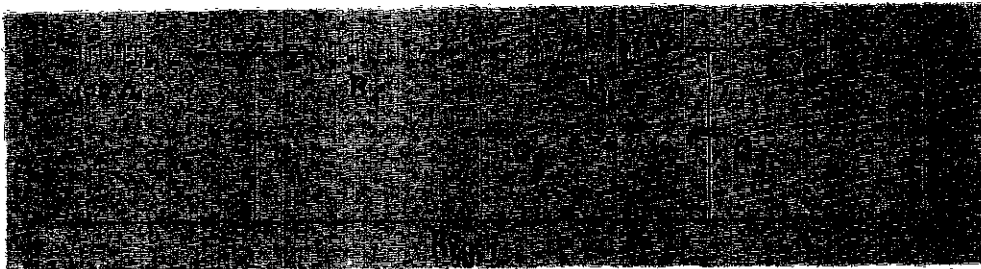
De capaciteit (komberging) wordt door condensatoren

weergegeven. Voor ieder "electrischrievvak" wordt de komberging verdeeld, gedacht over 4 condensatoren.

De periode van het getij is teruggebracht tot een wisselspanningsfrequentie van 1000 Hz, hetgeen de gunstigste waarden gaf voor de electrische schakelgrootheden. De zelfinductie L werd zoodanig gemaakt, dat aan de opgegeven waarden van L werd voldaan.

Bij de getijbeweging doet zich een moeilijkheid voor n.l. dat de diepte en dus ook de weerstand verandert met de tijd. Deze verandering wordt weergegeven door een extra term toe te voegen aan de bewegingsvergelijking. Nu is het mogelijk deze term te splitsen in termen, welke dezelfde gedaante hebben als den weerstandsterm en de versnellingsterm. De correctieterm op den versnellingsterm kan echter een zoodanige grootte hebben, dat de coëfficiënt van zelfinductie L negatief wordt. Om dit bezwaar te ondervangen werd een extra capaciteit C' toegevoegd, die echter in tegenstelling met de kombergingscondensator in serie moet staan met den weerstand en zelfinductie, omdat het een E.M.K in het circuit te weeg brengt (zie § 3).

De schakeling van een riviersectie is nu als volgt geworden;



Door Ir. Geluk werd een meettoestel ontworpen voor het meten van stroom- en spanningamplituden en tevens kan hiermede onmiddellijk de fase worden gemeten.

Door middel van een kathodestraalbuis wordt de wisselspanning omgevormd tot een rechte lijn en zichtbaar gemaakt met

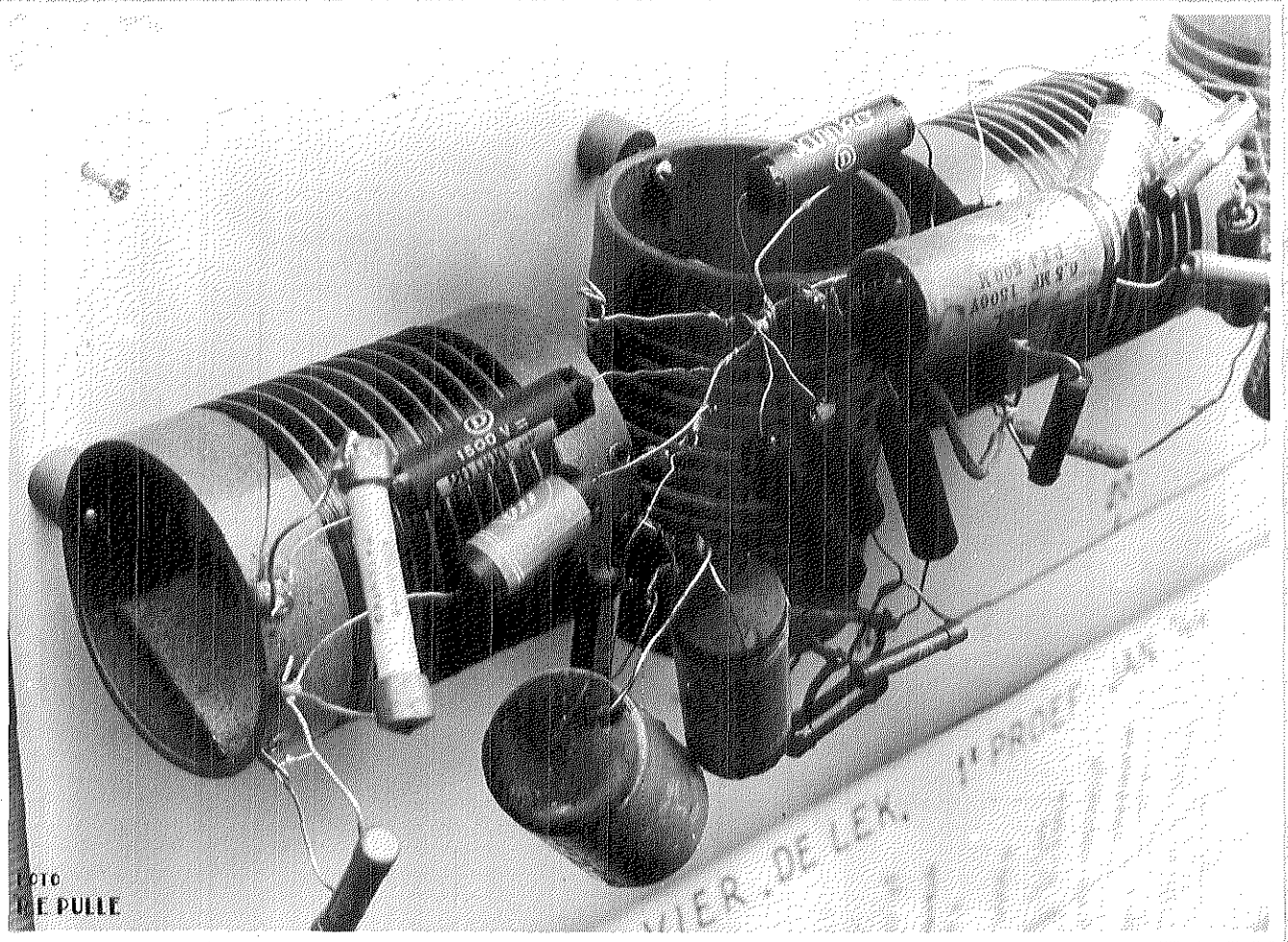


FOTO
DE PULLE

VIER DE LER

behulp van een fluoriseerend scherm met rechthoekig assenkruis. dezelfde spanning wordt nu 90° gedraaid en weer omgevormd tot een rechte lijn.

Op het scherm van de kathodestraalbuis wordt nu het samenstel van beide rechten een cirkel. De straal van deze cirkel is gelijk aan de amplitude van de spanning of den stroom. Het middelpunt van de cirkel ligt in de oorsprong van het assenstelsel. Bij de fasemetingen verschiint op het scherm een punt. Wordt dit punt verbonden met de oorsprong van het assenstelsel, dan is de hoek gevormd door de voerstraal en de positieve X-as de fasehoek.

Het schema van de elektrische schakeling is voor de Lek met een opperwaterafvoer van $920 \text{ m}^3/\text{sec.}$, voorgesteld op bl. 3, terwijl nevenstaande foto's van de schakeling een indruk geven van het benodigde materiaal en omvang van de proef.

De randvoorwaarde bij Krimpen a/d Lek is $\eta = 0,681 \cos(nt - \phi)$. De meetresultaten zijn in onderstaande tabel verzameld.

Station	η_0 (B)	η_0 (G)	σ_0 (B)	σ_0 (G)	fase η_0 (B)	fase η_0 (G)	fase σ_0 (B)	fase σ_0 (G)
	Krimpen	0,681	0,681	536 m ³	450 m ³	0°	0°	120°
Streefkerk	0,560	0,530	305 m ³	270 m ³	16°	18°	139°	145°
Schoonhoven	0,400	0,370	168 m ³	135 m ³	36°	45°	159°	164°
Jaarsveld	0,200	0,190	66 m ³	58 m ³	72°	77°	195°	198°
Vreeswijk	0,091	0,085	24 m ³	20 m ³	106°	115°	230°	220°
Gulemborg	0,029	0,025	6 m ³	4,7 m ³		162°		
W. b. Duurstede	0	0,009	0	0				

(B) = berekend; (G) = gemeten.

Bij Wijk bij Duurstede was de schakeling niet kortgesloten; werd dit wel gedaan, dan varieerde de hierboven vermelde waarden slechts binnen de nauwkeurigheidsgrenzen der meting, terwijl alleen de getj-amplitude bij Wijk bij Duurstede tot nul daalde.

Vergelijkt men de berekende grootheden volgens methode "Mazure" met de einduitkomsten der meetproeven dan blijkt een vrij goede overeenkomst te bestaan.

De stroomen en fasen wijken echter af van de berekende waarden. De gemeten stroom amplituden zijn kleiner dan de berekende.

De fasen, zoowel van horizontaal als van verticaal-getj, wijken eveneens iets af van de berekende grootheden.

Na de proefnemingen werden de condensatoren, weerstanden, zelfinducties met behulp van een Philips doorgemeten. Deze Philips is een nieuwe Philips meetbrug. Ze berust op het principe van de brug van Wheatstone en is geschikt voor voeding uit elk wisselstroomnet met een spanning van 100-250 Volt en een frequentie van 40-10000 Hz.

Deze meetbrug werkt uiterst nauwkeurig.

Bij gebruik der ingebouwde standaarden kunnen weerstandenwaarden tusschen $0,1 \Omega$ en 10 megohm en capaciteiten tusschen $10 \mu\mu F$ en $10 \mu F$ worden gemeten met een nauwkeurigheid, die max. 2% van de werkelijkheid afwijkt.

Nauwkeurige capaciteitsmetingen tusschen $1 \mu\mu F$ en $10 \mu\mu F$ kunnen eveneens worden verricht. Door toepassing van externe standaarden kan men tot 100 megohm en $2000 \mu F$ meten.

De gemeten waarden der weerstanden en capaciteiten zijn in rood vermeld op het schema (bijlage 3). Na de metingen bleek, dat de gebruikte weerstanden en capaciteiten niet geheel de aan eischen voldeden.

Daar niet beschikt werd over standaard-inducties, was het niet mogelijk de inductiespoelen zonder hulp van een electrotechnisch laboratorium na te meten.

Bovendien bleek, dat op de derde riviersectie de kombergingscondensatoren 12000 μF te weinig gaven, zoodat deze afwijking en de nog hieronder te noemen oorzaken de verschillen tengevolge hebben tusschen de meetproeven en de berekeningen.

Verondersteld wordt nu, dat de oorzaken voor de afwijkingen tusschen de gemeten- en berekende grootheden als volgt kunnen worden verklaard.

- a. Bij de proefnemingen te Hilversum voldoen de gebruikte waarden van R , L , C en C' niet geheel aan de gestelde eischen.
- b. De stroomkromme verandert sprongsgewijze op een vak en wel na een condensator. Daar de condensator op het eind van ieder vakje is geplaatst, wordt de totale komberging van de rivier de Lek te klein. Hieruit volgt, dat een meer exacte verdeling der condensatoren over een riviersectie tot betere uitkomsten zal leiden.
- c. De totale zelfinductie is in één spoel vereenigd en wel na de tweede condensator.
- d. De weerstanden zijn niet regelmatig over een riviersectie verdeeld.

§ 6. Integratie van de gelineariseerde bewegingsvergelijking.

Methode om electrisch exact aan de vierpoolvergelijkingen te voldoen.

Van de twee simultane partieele differentiaalvergelijkingen n.l.

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -R \cdot i - L \cdot \frac{\partial i}{\partial t}$$

$$\frac{\partial i}{\partial x} = -A \cdot u - C \cdot \frac{\partial u}{\partial t}$$

kan men door differentiatie twee partiële differentiaalvergelijkingen, resp. voor i en u verkrijgen van de volgende gedaante:

$$C \cdot L \cdot \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} + (C \cdot R + A \cdot L) \frac{\partial i}{\partial t} - \frac{\partial^2 i}{\partial x^2} + A \cdot R \cdot i = 0$$

$$C \cdot L \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + (C \cdot R + A \cdot L) \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A \cdot R \cdot u = 0$$

Deze vergelijking, die voor i en u dezelfde gedaante heeft, wordt als de telegraafvergelijking aangeduid. Verwisselt men stroom en spanning, dan gaat de eene vergelijking over in de andere.

Bepaalt men zich tot de vergelijking, waaruit de stroom i is geëlimineerd, dan wordt de telegraafvergelijking indien men $A = 0$ stelt

$$C \cdot L \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + C \cdot R \cdot \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$$

Voor deze vergelijking dient men nu een integraal te zoeken, waarbij u een enkelvoudige harmonische functie van t is met een periode T .

u kan dan worden geschreven als:

$u = u_0 \cdot \cos(nt - k)$, waarbij dan zoowel u_0 als k functies van x zijn.

Het spanningsverloop, bepaald door u_0 en k is op te vatten als een twee dimensionale sector en het brengt een belangrijke vereenvoudiging met zich mede als dit sectorkarakter op de voorgrond wordt geplaatst en de telegraafvergelijking als vector-vergelijking wordt opgevat. Dit kan geschieden door u op te vatten als het reële gedeelte van de complexe grootheid.

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{i(nt - k)}$$

een methode waarvan door vele natuurkundigen gebruik is gemaakt.

Wanneer men in de lineaire differentiaalvergelijking, voor u een functie substitueert, welke de tijd uitsluitend in de exponentieele functie e^{int} bevat, komt men tot een gewone differentiaalvergelijking, waarvan een oplossing is te vinden door aan te nemen, dat u de coördinaat x in de vorm van een dergelijke functie bevat, zoodat gesteld kan worden:

$$u = A e^{int + rx}$$

waarbij r in het algemeen complex zal zijn, omdat bij een getijrivier zoowel amplitude als fase van het hoofdgetij veranderen.

Indien men de coëfficiënt r voorstelt als $r = \mu + \nu i$ dan geeft $e^{\mu x}$ de relatieve verandering van de amplitude en ν de verandering van het kappagetal, beide per éénheid van lengte; μ kan worden aangeduid als de dempingscoëfficiënt, ν als de vertragingcoëfficiënt, r als de voortplantingscoëfficiënt. Substitueert men $u = A e^{int + rx}$ in de telegraafvergelijking, dan verkrijgt men na deeling door $A e^{int + rx}$

$$r^2 = + R.C.i.n - C.L.n^2$$

Deze vergelijking wordt de karakteristieke vergelijking van de riviersectie genoemd.

Deze vergelijking levert twee waarden voor r , welke als r_1 en r_2 zullen worden aangeduid, n.l.

$$r_{1,2} = \pm \sqrt{\{R + L.i.n\} \cdot C.i.n}$$

Aangezien $r = \mu + \nu i$ is gesteld, volgt hieruit:

$$\mu^2 + 2\mu \cdot \nu \cdot i - \nu^2 = + R.C.i.n - C.L.n^2 \quad \text{en dus}$$

$$\mu^2 - \nu^2 = - C.L.n^2$$

$$2\mu \cdot \nu \cdot i = + R.C.i.n$$

$$2\mu \cdot \nu = + R.C.n$$

$$\mu^2 + \nu^2 = \sqrt{(\mu^2 - \nu^2)^2 - 4\mu^2 \nu^2} = \sqrt{\{C.L.n^2\}^2 - R^2.C^2.n^2}$$

Gemakkelijk vindt men nu voor:

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{2} \{ \sqrt{CLn^2}^2 - R^2 C^2 n^2 - CLn^2 \}} \quad \nu = \sqrt{\frac{1}{2} \{ \sqrt{CLn^2}^2 - R^2 C^2 n^2 - CLn^2 \}}$$

De meest algemeene oplossing van de telegraafvergelijking

door enkelvoudige harmonische functies van t met een periode T wordt voorgesteld door:

$$u = C_1 e^{int + r_1 x} + C_2 e^{int + r_2 x}$$

Met behulp van de continuïteitsvergelijking volgt dus voor de stroomde waarde:

$$i = - \frac{C.n.i}{r_1} C_1 e^{int + r_1 x} - \frac{C.n.i}{r_2} C_2 e^{int + r_2 x}$$

Wordt het beginpunt van een riviersectie aangeduid met de index a en het einde met de index l , dan geldt voor $x = 0$

$$u_a = (C_1 + C_2) e^{int}$$

$$i_a = \left(- \frac{C.n.i.C_1}{r_1} - \frac{C.n.i.C_2}{r_2} \right) e^{int}$$

hieruit kan men C_1 en C_2 oplossen:

$$C_1 = \frac{r_1}{r_1 - r_2} \cdot u_a + \frac{r_1 \cdot r_2}{(r_1 - r_2) \cdot C.n.i} \cdot i_a$$

$$C_2 = \frac{r_2}{r_2 - r_1} \cdot u_a + \frac{r_1 \cdot r_2}{(r_2 - r_1) \cdot C.n.i} \cdot i_a$$

Substitueert men deze waarden van C_1 en C_2 in de uitdrukkingen voor u en i , dan verkrijgt men:

$$u_l = u_a \left[\frac{r_1 \cdot e^{r_1 l}}{r_1 - r_2} + \frac{r_2 \cdot e^{r_2 l}}{r_2 - r_1} \right] + i_a \left[\frac{r_1 \cdot r_2}{C.n.i} \cdot \left(\frac{e^{r_1 l}}{r_1 - r_2} + \frac{e^{r_2 l}}{r_2 - r_1} \right) \right]$$

$$i_l = - u_a \cdot C.n.i \cdot \left[\frac{e^{r_1 l}}{r_1 - r_2} + \frac{e^{r_2 l}}{r_2 - r_1} \right] + i_a \left[\frac{r_1 \cdot e^{r_1 l}}{r_1 - r_2} + \frac{r_2 \cdot e^{r_2 l}}{r_2 - r_1} \right]$$

Daar echter $r_1 = -r_2$ kunnen de uitdrukkingen voor u en i vereenvoudigd worden tot:

$$u_l = u_a \left[\frac{e^{r_1 l} + e^{-r_1 l}}{2} \right] - \frac{i_a \cdot r_1}{C.n.i} \left[\frac{e^{r_1 l} - e^{-r_1 l}}{2} \right]$$

$$i_l = - u_a \frac{C.n.i}{r_1} \left[\frac{e^{r_1 l} - e^{-r_1 l}}{2} \right] + i_a \left[\frac{e^{r_1 l} + e^{-r_1 l}}{2} \right]$$

Nu is $\frac{1}{2}(e^{r_1 l} + e^{-r_1 l}) = \cosh h.r_1 l$ en $\frac{1}{2}(e^{r_1 l} - e^{-r_1 l}) = \sinh h.r_1 l$

De uitdrukkingen voor u_1 en i_1 kunnen nu als volgt worden geschreven:

$$u_1 = u_a \cdot \cosh h.r_1 l - \frac{i_a \cdot \sinh h.r_1 l}{C.n.i}$$

$$i_1 = - \frac{u_a \cdot C.n.i}{\sinh h.r_1 l} + i_a \cdot \cosh h.r_1 l$$

Schrijft men in "t kort

$$u_1 = L.u_a + N.i_a$$

$$i_1 = M.u_a + C.i_a, \text{ dan geldt}$$

$$L = 0 \text{ en bovendien}$$

$$L.C - M.N = 1 \text{ (Contrôle stelling)}$$

Stelt men $\frac{r_1 l}{B.n.i} = \sqrt{\frac{(R + L.i.n) \cdot C.i.n}{C.n.i}} = \sqrt{\frac{R + L.i.n}{C.n.i}} = z_0$

dan wordt de z.g. vierpoelvergelijking

$$u_1 = u_a \cosh h.r_1 l - \frac{i_a \cdot z_0}{z_0} \sinh h.r_1 l$$

$$i_1 = - \frac{u_a}{z_0} \sinh h.r_1 l + i_a \cosh h.r_1 l$$

z_0 wordt de karakteristieke weerstand vaneen riviersectie genoemd.

Stelt men de totale langzweerstand ~~van een riviersectie~~ R_I (per Km. R_1/l) en de totale dwarszweerstand R_{II} (per Km. l, R_2)

dan volgt hieruit:

$$z_0 = \sqrt{\frac{R + L.i.n}{C.n.i}} = \sqrt{R_I} \cdot \sqrt{R_{II}} = \sqrt{R_I \cdot R_{II}}$$

en $r_1 l = \sqrt{(R + L.i.n) \cdot C.i.n} = \sqrt{R + L.i.n} \cdot \sqrt{C.i.n} = \sqrt{\frac{R_I}{R_{II}}} = p$

terwijl $z_0 \cdot p = R_I$ en

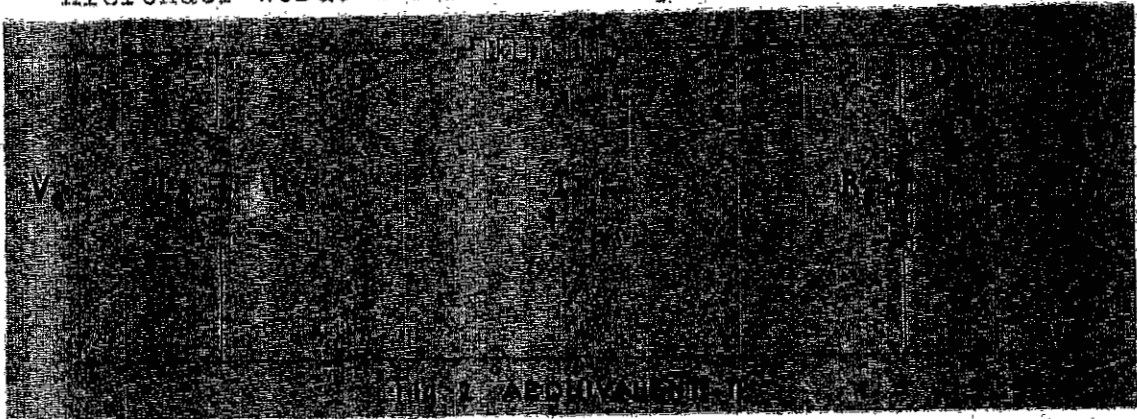
$$\frac{z_0}{p} = R_{II}$$

Daar voor het gestelde probleem alleen de stroom en spanning aan het uiteinde van een riviersectie gevraagd

worden, moeten aan de weerstanden, zelfinducties, capaciteiten in serie en parallel, zoodanige waarden gegeven worden, dat exact aan de vierpoolvergelijkingen voldaan wordt.

Hiervoor maakt men gebruik van z.g. "equivalente netwerken". De meest eenvoudige netwerken zijn de T en de π netwerken.

Hieronder wordt behandeld de equivalent π (fig. 2)



Uit de wetten van Kirchhoff volgen nu de onderstaande vergelijkingen:

$$\begin{aligned} V_S &= (I_S - I) \cdot R_2' \\ 0 &= I (R_1' + 2 R_2') - I_S \cdot R_2' - I_R \cdot R_2' \\ 0 &= I_R \cdot R_2' - I R_2' + V_R \end{aligned}$$

Uit deze vergelijkingen volgt:

$$I_R = I_S \cdot \frac{R_1' + R_2'}{R_2'} - \frac{V_S}{R_2'} \cdot (R_1' + 2 R_2')$$

en
$$V_R = -V_S + I_S \cdot R_2' - I_R \cdot R_2'$$

Om nu deze vergelijkingen identiek te maken met de vierpoolvergelijkingen, moeten de volgende betrekkingen gelden:

$$\frac{R_1' + R_2'}{R_2'} = \cos h.p.$$

en
$$\frac{R_1' + 2 R_2'}{R_2'^2} = \frac{\sin h.p.}{\sqrt{R_1' \cdot R_2'}}$$

Hieruit volgt:

$$R_1' = Z_0 \cdot \sin h.p.$$

$$R_2' = Z_0 \cdot \cot h.p. \frac{p}{2}$$

Ontwikkelt men nu $\sin h \frac{p}{2}$ en $\cot h \frac{p}{2}$ in reeksen, dan vindt men:

$$\sin h \frac{p}{2} = p + \frac{p^3}{6} + \frac{p^5}{120} + \dots = p \cdot \left(1 + \frac{p^2}{6} + \frac{p^4}{120} + \dots \right)$$

$$\cot h \frac{p}{2} = \frac{1}{\frac{p}{2} \left(1 - \frac{p^2}{12} + \frac{p^4}{120} - \dots \right)}$$

Dan is:

$$R_1' = Z_0 \cdot \sin h \frac{p}{2} = R_1 \left(1 + \frac{p^2}{6} + \frac{p^4}{120} + \dots \right)$$

$$R_2' = Z_0 \cdot \cot h \frac{p}{2} = \frac{2 R_2}{1 - \frac{p^2}{12} + \frac{p^4}{120} - \dots}$$

Voor korte vakken verkrijgt men nu praktisch $R_1' = R_1$ en $R_2' = 2 R_2$. Dit wil zeggen, dat, indien men een rivier in een zeer groot aantal kleine riviersecties verdeelt, de werkelijke langs- en dwarsweerstand niet gecorrigeerd behoeven te worden om exact aan de vierpoolvergelijkingen te voldoen. Voor de praktische uitvoering en de resultaten van de metingen wordt verwezen naar paragraaf 8.

Bij de afleiding van de voorafgaande formules werd er van uitgegaan, dat de positieve richting van de X-as stroomafwaarts is gelegen. De ebafvoer is positief en de vloedafvoer negatief aangenomen. Noemt men de positieve richting stroomopwaarts, dan worden de vakuitdrukkingen voor spanning en stroom, bovenstrooms uitgedrukt in de spanning en stroom benedenstrooms. De vierpoolvergelijkingen worden:

$$u_a = u_1 \left[\frac{r_1 l}{2} + e^{-r_1 l} \right] + \frac{i_1 \cdot r_1}{C \cdot n \cdot i} \left[\frac{e^{-r_1 l} - e^{-r_1 l}}{2} \right]$$

$$i_a = u_1 \frac{C \cdot n \cdot i}{r_1} \left[\frac{e^{-r_1 l} - e^{-r_1 l}}{2} \right] + i_1 \left[\frac{e^{-r_1 l} - e^{-r_1 l}}{2} \right]$$

Voor de laatste riviersectie geldt nu indien $u_a = 0$ en $i_a = 0$

$$i_1 = - \frac{C \cdot n \cdot i}{r_1} \cdot u_1 \frac{\cos h \cdot r_1 l}{\sin h \cdot r_1 l}$$

$$i_1 = - \frac{C \cdot n \cdot i}{r_1} \cdot u_1 \frac{\sin h \cdot r_1 l}{\cos h \cdot r_1 l}$$

Daaroot h. r, l en tgh. r, l voor r, l \rightarrow nadert tot 1 kan men voor i, ook schrijven:

$$i_1 = -\frac{C.n.i}{r_1} \cdot u_1$$

Wordt de laatste riviersectie afgesloten, b.v. door een stuw, sluis of dam, dan wordt $i_a = 0$ en $u_a \neq 0$ en gelden de betrekkingen

$$u_1 = u_a \cos h.r_1.l$$

$$i_1 = -u_a \frac{C.n.i}{r_1} \cdot \sin h.r_1.l$$

Hieruit volgt voor de spanning bij de afsluiting:

$$u_a = \frac{u_1}{\cos h.r_1.l}$$

Bij bovenomschreven exacte nabootsing moet men bedenken dat ze slechts voor één frequentie geldig is.

Indien in het systeem meerdere frequenties voorkomen, b.v. bij aanwezigheid van niet-lineaire elementen, dan moet worden nagegaan in hoeverre de nabootsing voor deze frequentie nog geldig is.

§ 7 De berekening van de getbeweging op de Lek bij een oppervaterafvoer van $920 \text{ m}^3/\text{sec}$. met de in § 6 afgeleide formules.

De berekening van de getconstanten en de omrekening van deze constanten in elektrische éénheden vindt men op bilage 2

Om echter onhandelbare getallen bij het rekenwerk te vermijden, worden de meeste grootheden in andere éénheden uitgedrukt, dan gewoonlijk in het mechanische stelsel en in de electrotechniek worden gebruikt.

Als éénheid van tijd dient : 10^4 sec.; als éénheid van afstand : $10 \text{ km} = 10^4 \text{ m}$. De breedte éénheid is 1 km ; de diepten en vervallen blijven in meters uitgedrukt. Hieruit volgt voor de éénheden van snelheid : m/sec ; van profielsinhoud : 1000 m^3 ; van stroomsterkte $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$; van verhang : 10^{-4} of 10 cm per km .

In de formule van de Chézy dient thans C te worden uitgedrukt in $100 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$; zoodat C b.v. gelijk aan $0,48$ moet worden genomen. Verder zal, wil $1 - V^2 b_w / g f_m$ de juiste waarde hebben, g in m/sec moeten worden uitgedrukt, dus voor g zal $9,81$ moeten worden gesubstitueerd. De periode T van het hoofdget, bedraagt $12,4$ uur of $4,46 \times 10^4$ sec. en de hoeksnelheid $n = 2\pi / T$; T wordt dus $1,405 \times 10^{-4}$ sec.

Op bilage 4a vindt men de weerstanden, de coëfficiënten van zelfinducties en de capaciteiten uitgedrukt in bovenstaande éénheden.

De condensator in serie wordt herleid tot de vorm

$$- L' \frac{\delta G}{\delta t}$$

Hierb. valt te bedenken, dat de volgende betrekking geldt:

$$C' = - \frac{1}{n^2 \cdot L'} \quad \text{of} \quad L' = - \frac{1}{C' \cdot n^2}$$

De berekening en controle der vakcoëfficiënten vindt men op bilage 4b en de aanschakeling der riviersecties op bilage 4c.

Voor de riviersectie Culemborg-Wijk bij Duurstede werd gebruik gemaakt van de formule:

$$i_1 = \frac{C \cdot n \cdot i}{r_1} \cdot u_1$$

De berekening is uitgevoerd van boven naar beneden. Voor de riviersecties beneden Culemborg zijn de integraties volgens

de vierpoolsvergelijkingen bepaald. Alle grootheden konden daardoor worden uitgedrukt in η_c . De voor het getuige krimpen gevonden uitdrukking werd tenslotte gelijk gesteld aan de gegevens waarde, waardoor η_c en daarmee alle andere grootheden konden worden bepaald.

De uitkomsten van de berekening zijn verzameld in onderstaande tabel.

Bereken *A pag. 50*

Station	$\bar{\eta}$	$\bar{\epsilon}$	fase (η)	fase (ϵ)
Krimpen a.d. Lek	0,681 m	521 m ³	0°	120° 50'
Streefkerk	0,557	293	17° 26'	140° 23'
Schoonhoven	0,397	158	38° 28'	163° 35'
Jaarsveld	0,192	60	75° 18'	199° 50'
Vreeswijk	0,084	21	113° 55'	238° 58'
Culemborg	0,026	6	162° 12'	288° 44'

§ 8 De praktische uitvoeringen van de 2de proef en de resultaten van de metingen.

Met behulp van de in § 6 beschreven methode om elektrisch exact aan de vierpoolsvergelijkingen te voldoen, werden op bilage 5 de vervangingsconstanten berekend met de in § 6 afgeleide formules.

In het laboratorium van de P.T.T. te den Haag werd door Ir. W.H. van Zoest het instrumentarium voor deze 2de proef aan de hand van de berekende constanten van bilage 5 (zie ook het schema van bilage 6) vervaardigd.

De nevenstaande foto's geven een goeden indruk van de omvang van de proef en het benodigde materiaal.

De uitkomsten van de 2de proef zijn in onderstaande tabel verzameld.

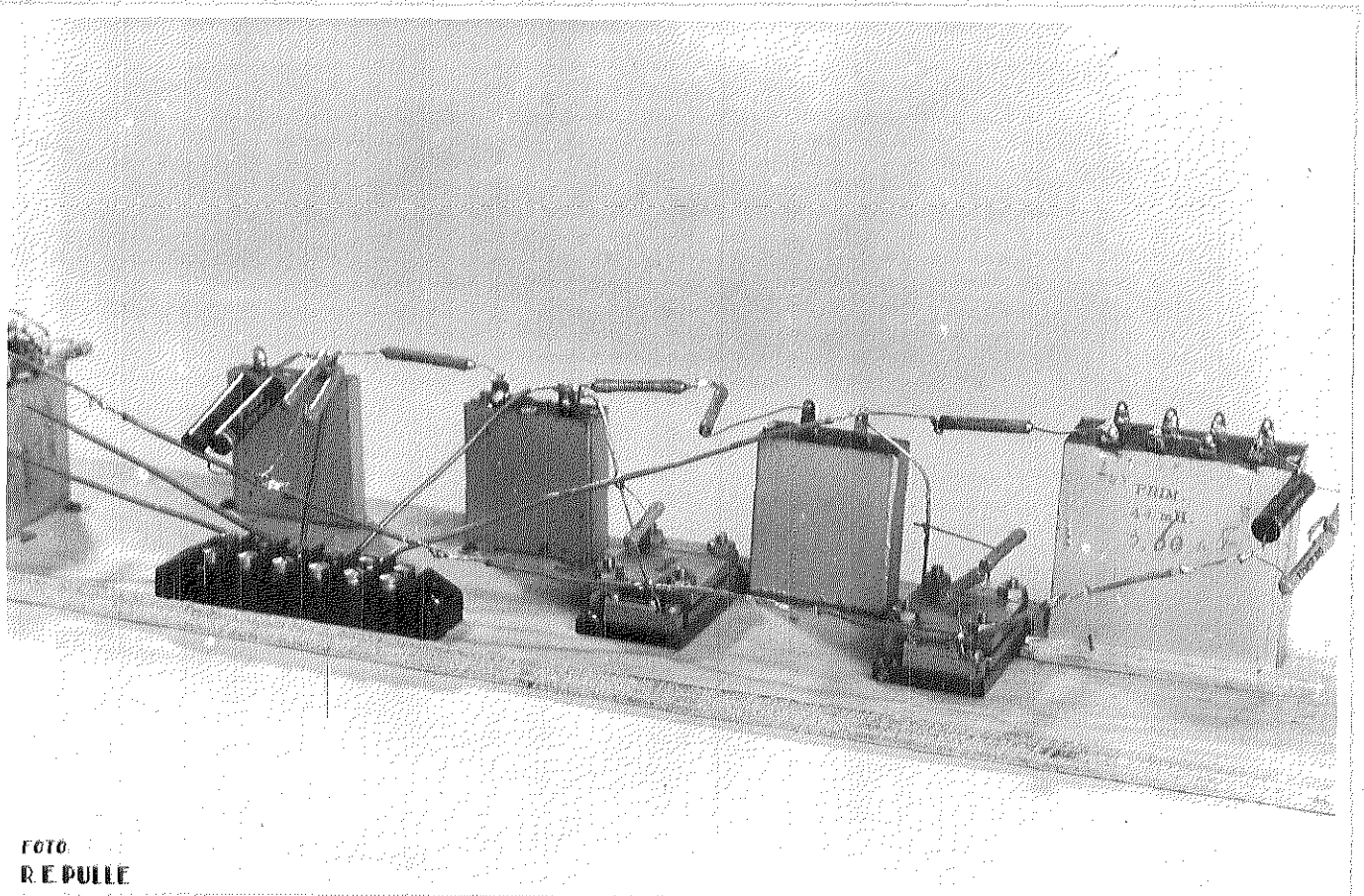


FOTO
R E PULLE

Station	$\bar{\eta}$	$\bar{\sigma}$	Fase(η)	Fase(σ)
Krimpen a.d. Lek	0,681 m	500 m ³	0°	123° 40'
Streefkerk	0,541	295 m ³	15°	142°
Schoonhoven	0,398	146	35°	164° 40'
Jaarsveld	0,190	57	72° 10'	195°
Vreeswijk	0,075	17	110°	240°
Oulemborg	0,025	6	161°	284°

Vergelikt men de berekende waarden van § 7 met de uitkomsten van de 2de proef, dan blijkt hiertusschen een uitstekende overeenstemming te bestaan. In de volgende tabellen zijn de verschillen der uitkomsten van de beide meetproeven t.o.v. de berekende waarden verzameld.

Station	$\Delta \eta$ (1e pr)	$\Delta \eta$ (2e pr)	$\Delta \sigma$ (1e pr)	$\Delta \sigma$ (2e pr)
Krimpen a.d. Lek	0 m	0 m	- 71 m ³	- 21 m ³
Streefkerk	- 0,027	- 0,016	- 23	+ 2
Schoonhoven	- 0,027	+ 0,001	- 23	- 12
Jaarsveld	- 0,002	- 0,002	- 2	- 3
Vreeswijk	0	- 0,009	- 1	- 4
Oulemborg	- 0,001	- 0,001	0	0

Station	Δ fase η (1 ^e proef)	Δ fase η (2 ^e pr)	Δ fase σ (1 ^e pr)	Δ fase σ (2 ^e pr)
Krimpen a.d. Lek	0°	0°	- 6° 10'	- 2° 50'
Streefkerk	0° 34'	- 2° 26'	- 4° 37'	- 1° 37'
Schoonhoven	6° 32'	+ 3° 28'	+ 0° 25'	+ 0° 55'
Jaarsveld	1° 42'	- 3° 8'	+ 1° 50'	+ 4° 50'
Vreeswijk	1° 5'	+ 3° 55'	+ 18° 58'	+ 1° 2'
Oulemborg	0° 12'	- 1° 12'		+ 4° 44'

Vergelikt men de verschillen ten opzichte van de berekende waarden tusschen de uitkomsten van de 1ste en 2de proef onderling, dan blijken de uitkomsten van de 2de proef over het algemeen dichter bij de berekende waarden te liggen dan de uitkomsten van de 1ste proef.

Het berekenen van de " π equivalent" brengt echter nog al wat rekenwerk met zich mee (zie bijlage 5) en nu komt de vraag naar voren of de kleine verbeteringen, welke bereikt worden met de 2de proef, wel opwegen tegen het meerdere rekenwerk, dat voor het uitvoeren van deze proef noodzakelijk is.

Het lijkt daarom gewenscht de 1ste proef nogmaals uit te voeren. Getracht zal worden een riviersectie van l km lengte "electrisch" na te bootsen door middel van een aantal π of T secties en wel zoodanig, dat binnen een te stellen nauwkeurigheid exact aan de vierpoolvergelijkingen wordt voldaan.

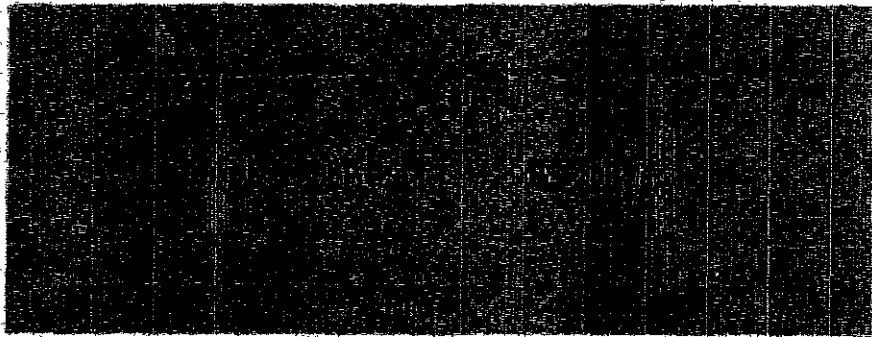
§ 9 Het nabootsen van een homogene riviersectie van l km door middel van een aantal π of T secties.

Veronderstel dat een homogene riviersectie van l km lengte onderverdeeld wordt in een aantal secties, waarvan de lengten a km bedragen. De secties van a km lengte moeten electrisch nagebootst worden door een π of T sectie en wel zoodanig, dat binnen een te stellen nauwkeurigheid exact aan de vierpoolvergelijkingen wordt voldaan.

Stel de totale langs impedantie van de riviersectie (l km): R_I en stel de totale dwars impedantie van de riviersectie (l km): R_{II} . De langs impedantie bedraagt dan per km R_I/l en de dwars impedantie $R_{II} \cdot l$ per km.

Over a km bedraagt dan de langsimpedantie $a \cdot R_r / l$ en de dwarsimpedantie $R_r \cdot l / a$.

Een T sectie wordt nu, zooals in onderstaande figuur is geteekend, weergegeven.



Zooals uit de figuur blijkt, zijn de langsimpedantie A en de dwarsimpedantie B van een sectie gewoon evenredig met de constanten van een homogene riviersectie.

De voortplantingsconstante van een sectie van a km wordt θ genoemd.

Om de homogene riviersectie te kunnen vergelijken met de in a T secties onderverdeelde riviersectie is het voldoende als de karakteristieke impedanties en de voortplantingsconstanten onderling vergeleken worden.

Voor de homogene riviersectie geldt nu:

$$Z_{\text{hom. r}} = \sqrt{R_r \cdot R_{II}}$$

$$2e \quad r = \frac{1}{l} \cdot \sqrt{\frac{R_r}{R_{II}}} \quad (\text{voortplantingsconstante per km})$$

Nu geldt voor de T sectie de volgende betrekking (zie blz. 38):

$$\frac{A + 2B}{B^2} = \frac{\sin h\theta}{\sqrt{A \cdot B}}$$

Bovendien geldt:

$$A = Z_{\pi s} \cdot \sin h\theta$$

Uit beide betrekkingen volgt dat:

$$Z_{\pi s}^2 = \frac{A \cdot B^2}{A + 2B} = \frac{R_r \cdot R_{II}}{1 + \frac{a^2 \cdot R_r}{4l^2 \cdot R_{II}}} = \frac{R_r \cdot R_{II}}{1 + \left(\frac{a}{2l} \cdot r\right)^2}$$

Uit de betrekkingen : $A = z_{\pi s} \cdot \sin h \theta$

$B = z_{\pi s} \cdot \cot h \frac{\theta}{2}$ volgt:

$$\frac{A}{B} = \frac{\sin h \theta}{\cot h \frac{\theta}{2}} \quad \text{of} \quad \frac{A}{2B} = \sin h \frac{\theta}{2}$$

$$\text{Dus} \quad \sin h \frac{\theta}{2} = \sqrt{\frac{A}{2B}} = \frac{a}{2l} \sqrt{\frac{R_I}{R_{II}}} = \frac{a \cdot r}{2}$$

De karakteristieke impedantie van de homogene riviersectie en π sectie hangen dus als volgt samen:

$$\alpha. \quad z_{\pi s}^2 = \frac{z^2}{1 + \left(\frac{a \cdot r}{2}\right)^2}$$

De voortplantingsconstante θ hangt met de voortplantingsconstante r van de homogene riviersectie als volgt samen:

$$\beta. \quad \sin h \frac{\theta}{2} = \frac{a \cdot r}{2}$$

Het is duidelijk, dat voor afnemende waarden van a en r de overeenkomst met de homogene kabel steeds beter wordt.

Met behulp van de formules α en β kan a zoodanig worden gekozen, dat de overeenstemming binnen de gewenschte graad van nauwkeurigheid valt.

Voor het numeriek uitrekenen is het handig om een nieuwe variabele $p = r \cdot l$ in te voeren en het quotiënt $l/a = n$; n is het aantal secties dat noodig is voor de imitatie van l km homogene rivier.

Met behulp van deze nieuwe variabelen vindt men voor:

$$\frac{\theta}{2} = b g \sin h \frac{p}{2n} = \left(\frac{p}{2n}\right) + \frac{1}{6} \left(\frac{p}{2n}\right)^3 + \frac{3}{40} \left(\frac{p}{2n}\right)^5 + \frac{5}{112} \left(\frac{p}{2n}\right)^7 + \dots$$

$$\text{Hieruit volgt voor } \theta = \left(\frac{p}{n}\right) + \frac{\left(\frac{p}{n}\right)^3}{24} + \frac{\left(\frac{p}{n}\right)^5}{640} + \dots$$

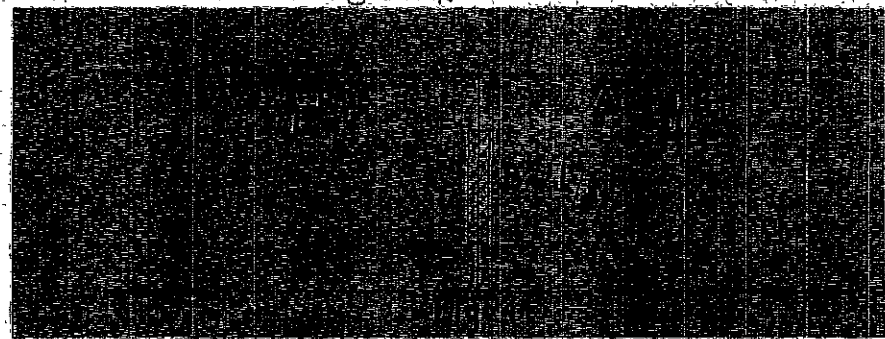
De verhouding tusschen de voortplantingsconstante θ van de π sectie en de voortplantingsconstante p/n wordt nu:

$$\left(\frac{\theta}{n}\right) = 1 + \frac{\left(\frac{p}{n}\right)^2}{24} + \frac{3}{640} \left(\frac{p}{n}\right)^4 + \dots$$

De verhouding tusschen $z_{\pi.s}$ en $z_{hom.r}$ wordt nu:

$$\frac{z_{hom.r}}{z_{\pi.s}} = \sqrt{1 + \left(\frac{p}{2n}\right)^2} = 1 + 1/2 \cdot \left(\frac{p}{2n}\right)^2 - 1/8 \cdot \left(\frac{p}{2n}\right)^4 + \dots$$

Fast men nu bovenstaande methode toe op een T sectie dan vindt men het volgende:



Voor de T sectie gelden de volgende betrekkingen:

$$\frac{A+B}{B} = \cos h \theta, \quad \frac{1}{B} = \frac{\sin h \theta}{z_{\pi.s}}; \quad A = z_{\pi.s} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$$

Uit deze betrekkingen volgt:

$$A + B = z_{\pi.s} \cdot \cot h \theta = z_{\pi.s} \cdot \frac{(z_{\pi.s}^2 + A^2)}{2 \cdot A \cdot z_{\pi.s}}$$

$$\text{of } z_{\pi.s}^2 = A^2 + 2 \cdot A \cdot B = \frac{a^2}{4 \cdot l^2} \cdot R_I^2 + R_I \cdot R_{II}$$

$$z_{\pi.s}^2 = z_{hom.r}^2 \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{p}{2n}\right)^2 \right\}$$

$$\text{Bovendien geldt: } \sin h \frac{\theta}{2} = \sqrt{\frac{A}{2 \cdot B}} = \frac{a}{2 \cdot l} \sqrt{\frac{R_I}{R_{II}}} = \frac{a}{2} \cdot r$$

Hieruit volgt nu:

$$\frac{\theta}{(p/n)} = 1 - \frac{\left(\frac{p}{n}\right)^2}{24} + \frac{3}{640} \left(\frac{p}{n}\right)^4 + \dots$$

De verhouding tusschen $z_{\pi.s}$ en $z_{hom.r}$ wordt nu:

$$\frac{z_{\pi.s}}{z_{hom.r}} = \sqrt{1 + \left(\frac{p}{2n}\right)^2} = 1 + 1/2 \left(\frac{p}{2n}\right)^2 - 1/8 \left(\frac{p}{2n}\right)^4 + \dots$$

terwijl de verhouding van θ en $\left(\frac{p}{n}\right)$ wordt:

$$\frac{\theta}{\left(\frac{p}{n}\right)} = 1 - \frac{\left(\frac{p}{n}\right)^2}{24} + \frac{3}{640} \left(\frac{p}{n}\right)^4 + \dots$$

Met behulp van de formules δ en θ is het nu mogelijk het aantal secties te berekenen, indien vooraf de nauwkeurigheidsgrenzen worden vastgesteld.

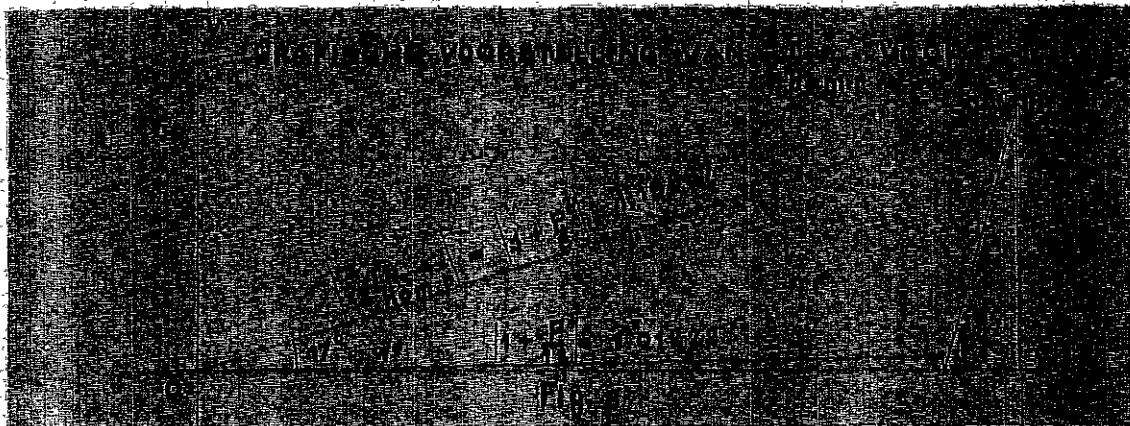
§ 10 De praktische uitvoering van de 3de proef en de resultaten van de metingen.

Op bijlage 5 zijn de voortplantingsconstanten $p = r \cdot l$ berekend. Voor de verschillende vakken van Krimpen a.d. Lek tot Wijk bij Duurstede zijn de waarden p^2 in onderstaande tabel verzameld.

Riviersectie	p^2
Krimpen-Streefkerk	+ 0,01177 + 0,24113i
Streefkerk-Schoonhoven	+ 0,06379 + 0,36207i
Schoonhoven-Jaarsveld	+ 0,28903 + 1,08144i
Jaarsveld-Vreeswijk	+ 0,38768 + 1,26885i
Vreeswijk-Culemborg	+ 0,71429 + 2,06579i
Culemborg-Wijk bij Duurstede	+ 0,82800 + 2,75240i

Het doel is nu een homogene riviersectie van l km door middel van T secties electrisch na te bootsen. Hoeveel T secties moet men nu kiezen om de l km lange homogene riviersectie na te bootsen en men ten hoogste een fout van $\sim 1\%$ in de modulus van de verhouding $\frac{Z_{r.s.}}{Z_{hom.}}$ mag maken en het argument van de verhouding $\sim 1^\circ$ mag bedragen.

Als voorbeeld zal het aantal secties voor de 6^{de} riviersectie worden berekend.



Stel voorloopig $n = 1$. Dan wordt de modulus van de verhouding $\frac{z_{t.s.}}{z_{hom.r}}$ gelijk aan $\sqrt{1 + \frac{p^2}{8} \dots} = 1.15587$ en het argument van de verhouding $\sim 17^\circ$. Neemt men $n = 3$ dan wordt de verhouding $\frac{z_{t.s.}}{z_{hom.r}}$ uitgedrukt door een complex getal waarvan de modulus 1,01222 bedraagt en de hoek $\sim 1^\circ$. In de modulus zit dus nagenoeg een fout van 1%, terwijl het argument 1° bedraagt.

In de volgende tabel zijn de waarden van n verzameld, welke zoodanig zijn bepaald, dat aan de gestelde eisch is voldaan.

Riviersectie	n
Krimpen-Streefkerk	1
Streefkerk-Schoonhoven	1
Schoonhoven-Jaarsveld	2
Jaarsveld-Vreeswijk	2
Vreeswijk-Culemborg	3
Culemborg-Wijk bij Duurstede	3

Op bijlage 7 is het schema van de rivier de Lek geteekend, waarvan de homogene riviersecties verdeeld zijn in 7 secties. De elektrische constanten zijn afgeleid uit tabel van blz. 29. Om een meer handelbare apparatuur te verkrijgen zijn de impedanties met 10 vermenigvuldigd, d.w.z. de weerstanden zijn met 10 vermenigvuldigd en de capaciteiten zijn door 10 gedeeld. Voor de uitvoering van de 3de proef en de elektrische metingen zie men ^{"Aanhangsel"} Pota door G. Mak (electro-technicus). In de volgende tabel zijn de resultaten van de metingen opgenomen.

1564130 v

Metingen "Lek" 3de proef

Rivierssectie	η	\bar{G}	fase (η)	fase (\bar{G})
Krimpen a.d. Lek	0,681 m	527 m ³	0°	122° 53'
Streefkerk	0,554 m	288 m ³ 289 m ³	15° 31'	137° 56' 140° 37'
Schoonhoven	0,395 m	149 m ³ 152 m ³	35° 58'	163° 163° 17'
Jaarsveld	0,188 m	58,5 m ³ 57 m ³	70° 34'	200° 13' 198° 26'
Vreeswijk	0,082 m	20 m ³ 21,4 m ³	113° 28'	240° 241° 41'
Culemborg	0,027 m	5,4 m ³ 5,7 m ³	163° 18'	285° 280°

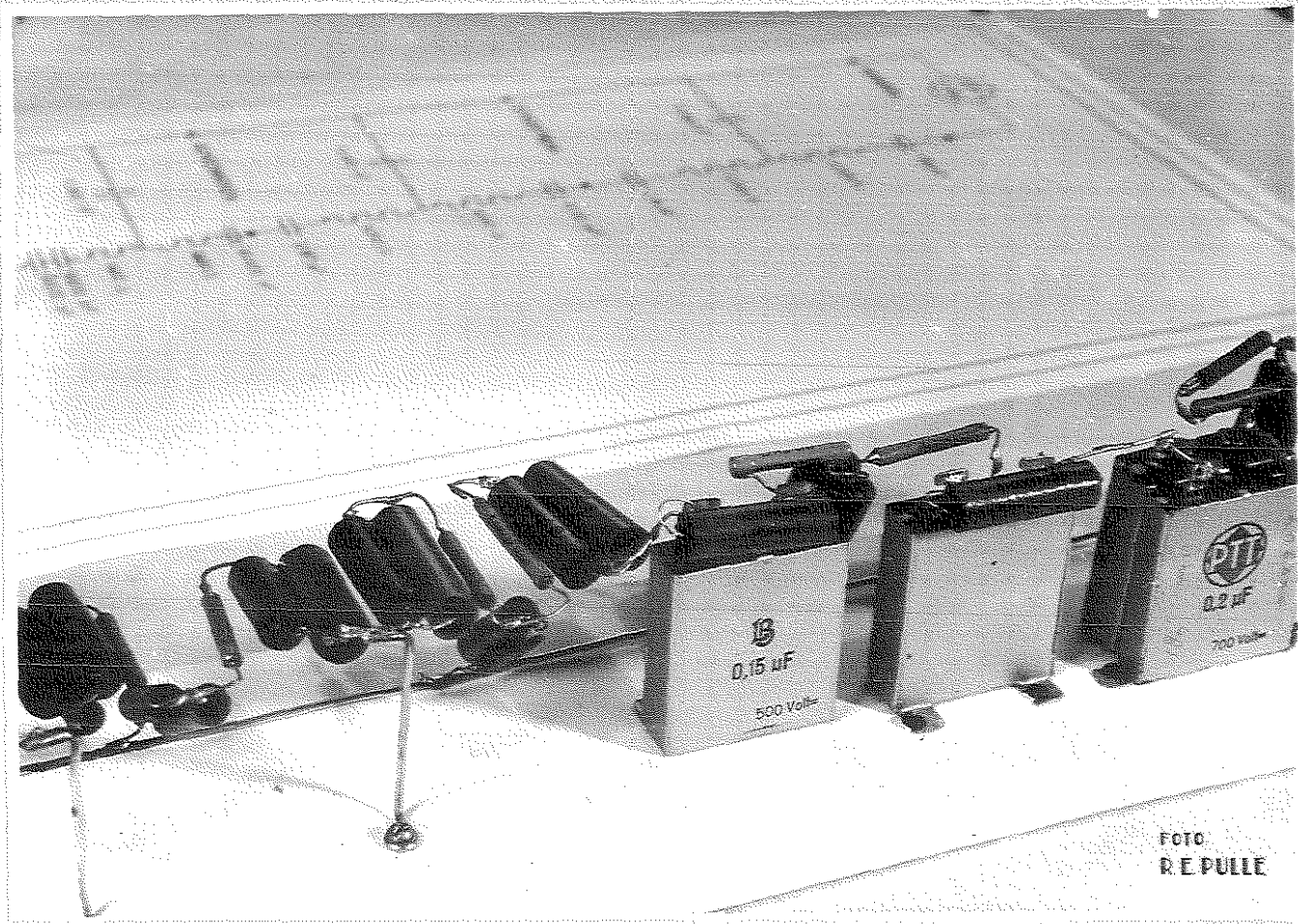
Om een indruk te geven van de apparatuur voor de 3de proef, werden nevenstaande twee foto's gemaakt.

Vergelikt men de meetuitkomsten met de uitkomsten van de berekeningen (tabel, blz. 42) dan blijkt een buitengewone goede overeenstemming te bestaan tusschen de metingen en berekeningen. In onderstaande tabel zijn de afwijkingen tusschen de berekening en de meting verzameld.

Feilschaalstation	$\Delta \eta$	$\Delta \bar{G}$	Δ fase (η)	Δ fase (\bar{G})
Krimpen a.d. Lek	0 m	- 6 m ³	0°	- 2° 3'
Streefkerk	+ 0,003	+ 5 m ³	+ 1° 55'	+ 1° 12'
Schoonhoven	+ 0,002	+ 7 m ³	+ 2° 30'	+ 0° 27'
Jaarsveld	+ 0,004	+ 2 m ³	+ 4° 44'	+ 0° 30'
Vreeswijk	+ 0,002	+ 0 m ³	+ 0° 27'	- 1° 52'
Culemborg	- 0,001	+ 0,4 m ³	- 1° 6'	+ 6° 14'

§ 11. Het reciproke schema.

Het reciproke schema van een vierpool met langsimpedantie Z_1 en dwarsimpedantie Z_2 is een andere vierpool met langsimpedantie $\frac{Z_0^2}{Z_2}$ en dwarsimpedantie $\frac{Z_0^2}{Z_1}$.



β
0.15 μF
500 Volt

PTI
0.2 μF
700 Volt

FOTO
R. E. PULLE

50 p

De impedantie Z_0 is een willekeurige waarde, die bepaald wordt door de keuze der éenheden en ingevoerd wordt met het oog op de juiste dimensie en waarvoor in het algemeen de éenheid genomen wordt. De getalwaarden van langs- en dwars impedantie zijn dan $\frac{1}{Z_2}$ en $\frac{1}{Z_1}$.

De eigenschap van een reciproke schema is, dat de eindstroom en de eindspanning op dezelfde manier bepaald zijn door de beginstroom en beginspanning, als in het oorspronkelijke schema de eindspanning en de eindstroom bepaald zijn door de beginspanning en de beginstroom, m.a.w. de rol van stroom en spanning zijn verwisseld.

In formule uitgedrukt:

Wanneer voor beginspanning, beginstroom, eindspanning en eindstroom ($U_1, I_1; U_2, I_2$) van een vierpool geldt:

$$U_2 = f_1(U_1, I_1) \text{ en } I_2 = f_2(U_1, I_1)$$

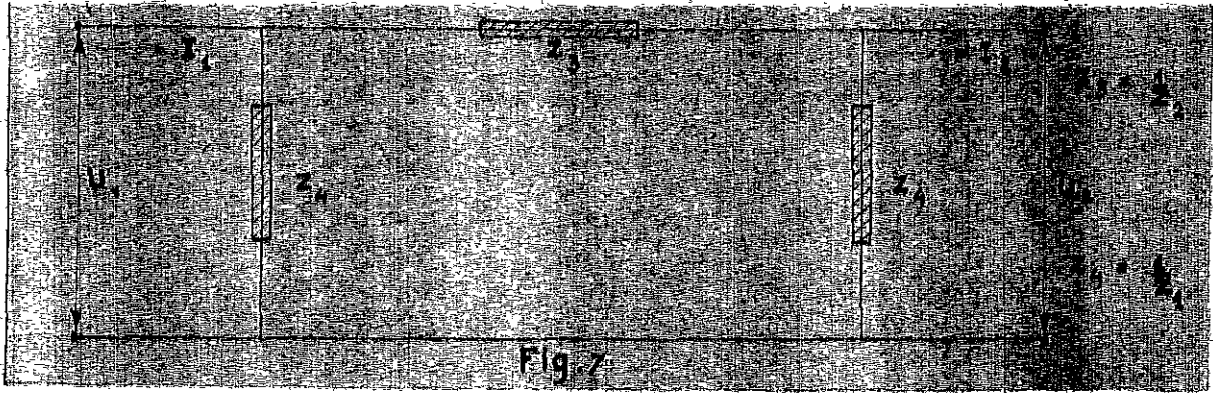
dan geldt voor het reciproke schema:

$$I_2 = f_1(I_1, U_1) \text{ en } U_2 = f_2(I_1, U_1)$$

Bewijs:

Neem als voorbeeld een T schema met langsimpedantie Z_1 en dwarsimpedantie Z_2 , (zie fig. 6)

Het reciproke schema is een T schema met langsimpedantie $\frac{1}{Z_2}$ en dwarsimpedantie $\frac{1}{Z_1}$.



Voor het T netwerk geldt:

$$U_2 = U_1 \left(1 + \frac{Z_1}{Z_2} \right) - I_1 \left(2Z_1 + \frac{Z_1^2}{Z_2} \right)$$

$$I_2 = I_1 \left(1 + \frac{Z_1}{Z_2} \right) + \frac{U_1}{Z_2}$$

Voor het Π schema geldt:

$$U_2 = U_1 \left(1 + \frac{Z_3}{Z_4} \right) - I_1 \cdot Z_3$$

$$I_2 = I_1 \left(1 + \frac{Z_3}{Z_4} \right) - U_1 \left(\frac{2}{Z_4} + \frac{Z_3}{Z_4^2} \right)$$

Vult men in de laatste twee vergelijkingen voor Z_3 in $\frac{1}{Z_2}$ en voor Z_4 , $\frac{1}{Z_1}$, dan verkrijgt men dezelfde vergelijkingen als voor het T schema, met dit verschil, dat de rol van spanning en stroom verwisseld zijn. Wederkeerig kan men nu het T schema beschouwen als het reciproke schema van het Π schema.

Hetzelfde principe blijft ook nog geldig, wanneer men met een niet lineaire weerstand, zoals de curroxcel (zie § 12) te doen heeft. Het blijkt dan, dat in het reciproke schema de curroxcel, voor zoover daarvoor geldt, dat het kwadraat van de spanning evenredig is met de stroom ($U^2 = K \times I$) moet vervangen worden door een weerstand, waarvoor geldt, dat het kwadraat van de stroom evenredig is met de spanning ($I^2 = K \times U$); dus een weerstand die aan de wet van de Chézy gehoorzaamt. Omgekeerd kan dan ook een systeem, waarin kwadratische weerstanden optreden vervangen worden door een reciproke systeem, dat cu-

proxcellen bevat.

I } Wordt dus de elektrische spanning u equivalent ge-
steld met een mechanische en de elektrische stroomsterkte i
met een mechanische snelheid dan moet de niet-lineaire
I } elektrische weerstand voldoen aan $U = K \cdot i^2$

Dit gedrag is in de electrotechniek niet met eenvou-
dige middelen te realiseren.

Steit men nu de equivalentie anders n.l.

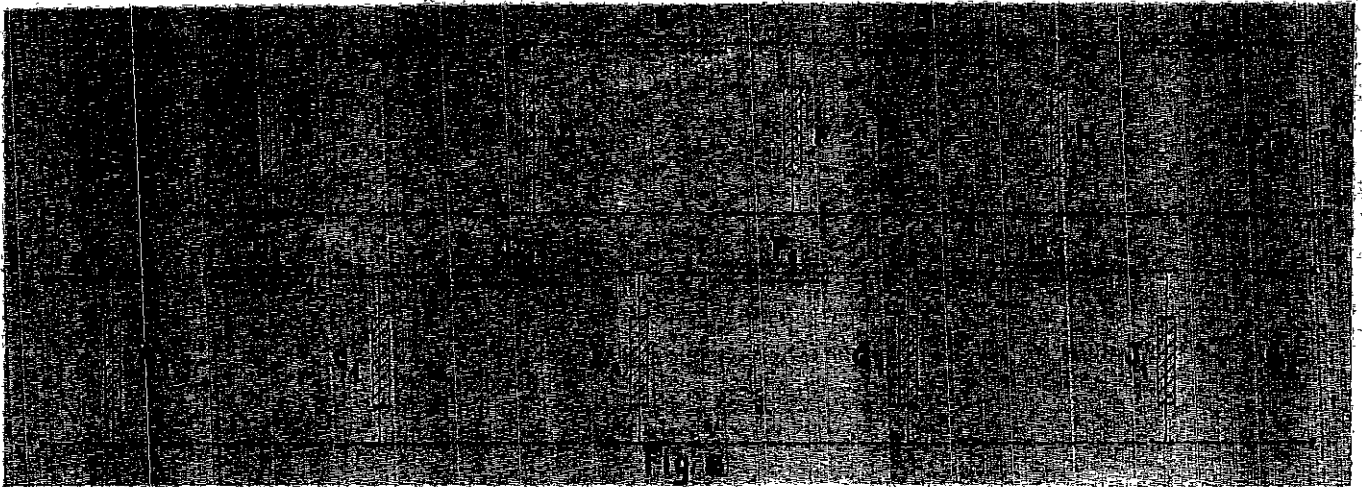
$U \longrightarrow$ mechanische snelheid

$i \longrightarrow$ mechanische kracht,

II } dan moet de elektrische weerstand voldoen aan $i = K' \cdot U^2$ en
dit is in de eerste instantie door een metaalgeleijkrichter
te realiseren (zie § 12).

Noemt men het elektrisch schema volgens de 1ste me-
thode S_I en het elektrisch schema volgens de 2de methode
 S_{II} dan blijkt, dat deze twee schema's reciproke zijn.

onderstaande fig 8 geven een voorbeeld van twee reciproke
schema's.



De schema's S_I en S_{II} zijn "electrisch" reciprokeer als voor de elementen geldt:

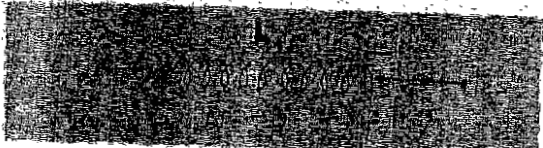
$$A \cdot A' = B \cdot B' = C \cdot C' = \dots \dots \dots I \cdot I_1 = \text{constant}$$

De reciprociteit is nu electrisch het eenvoudigst te realiseeren door de constante gelijke stellen aan een heel getal R^2

Indien nu A b.v. een zelfinductie-spoel is met impedantie i.w.L. dan wordt A' een condensator met capaciteitswaarde $C = \frac{L}{R^2}$

Voor de reciproke schakeling geldt nu, dat alle betrekkingen, die gelden voor de spanningen in S_I volkomen overeenstemmen met de overeenkomstige stroomen in S_{II} (behoudens een constante factor) en omgekeerd.

Hieronder volgen enkele voorbeelden van reciproke schakelingen.



$$Z_a = i n L \text{ (impedantie)}$$

$$Y_a = \frac{1}{i n L} \text{ (admittantie)}$$

$$Z_a \cdot Z_b = R^2$$

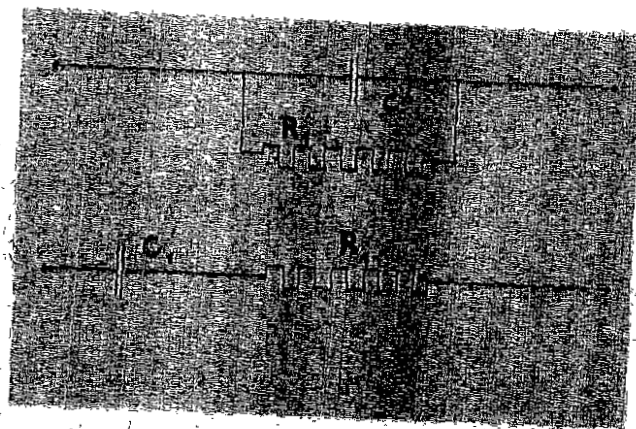
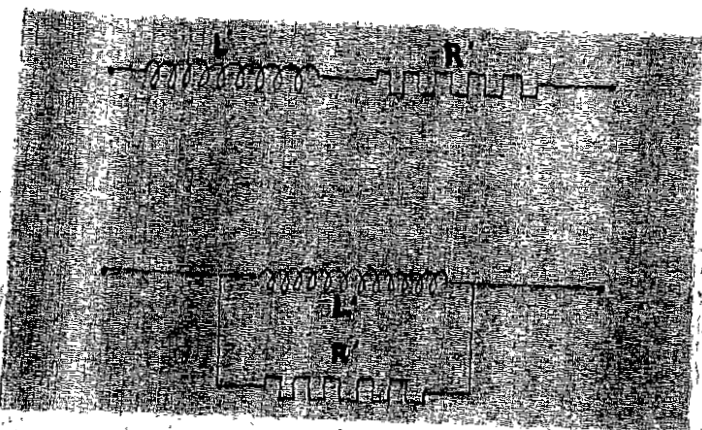
$$\frac{Z_a}{Y_b} = \frac{Z_b}{Y_a} = \frac{i \cdot n \cdot L}{i \cdot n \cdot C} = \frac{L}{C} = R^2$$



$$Z_b = \frac{1}{i n C} \text{ (impedantie)}$$

$$Y_b = i n C \text{ (admittance)}$$

$$Y_a \cdot Y_b = G^2 = \frac{1}{R^2} = \frac{C}{L}$$



§ 12 Niet lineaire stroom-spanningskarakteristieken.

Wanneer tusschen twee punten A en B een constant spanningsverschil wordt onderhouden, vloeit door een koperdraad, die de beide punten verbindt, een constante stroom. Verdubbelt men het spanningsverschil, dan blijkt ook de stroomsterkte tweemaal zoo groot te worden. Ze is recht evenredig met het spanningsverschil, zoodat het quotiënt

$$\frac{\text{spanningsverschil}}{\text{stroomsterkte}}$$

een constante waarde heeft. Deze constante verhouding heet de Ohmsche weerstand van de draad. Stelt men deze weerstand voor door R , het spanningsverschil door E en de stroomsterkte door I , dan is dus

$$R = \frac{E}{I}$$

Deze vergelijking is de wet van Ohm in formulevorm. In woorden luidt deze:

De weerstand van een geleider is de constante verhouding van het tusschen de uiteinden van dien geleider heerschende spanningsverschil en de stroomsterkte.

Men kan nu ook schrijven:

$$E = R \cdot I$$

In woorden:

Het spanningsverschil tusschen de uiteinden van een geleider is gelijk aan de stroomsterkte maal den weerstand.

Nu kan men de wet van de Chézy (hydrodynamica) in overeenkomstige begrippen uitgedrukt ook schrijven als:

$$E = \pm R \cdot I^2$$

Hieruit blijkt, dat het spanningsverschil recht evenredig is

met het kwadraat van de stroomsterkte.

Door middel van een kunstgryp (zie § 2) is deze kwadratische weerstand omgevormd tot een lineaire, volgens een door Prof. Lorentz en Dr. Mazure aangegeven methode. Het gevolg hiervan is echter, dat men zich moet beperken tot de hoofdcomponente van het get. (M_2).

Om tot het vaststellen van de lineaire weerstand te geraken, behoort echter aanvankelijk een schatting te worden gemaakt van de stroomamplitude. Daar na de linearisatie de weerstanden voor de gelijkstroom en de wisselstroom verschillen, is het noodzakelijk het verloop van de spanningen tengevolge van de wisselstromen en gelijkstromen, apart te bekijken.

Om nu tot een werkelijke overeenkomst tusschen de waterbeweging en de electriciteitsleer te komen, zou men een geleider moeten maken, waarvan de stroom-spanningskarakteristiek ~~xxx~~ ook kwadratisch verloopt.

De stroom-spanningskarakteristiek zal moeten voldoen aan:

$$E = \frac{1}{2} R \cdot I^2 \quad (\text{wet van de Chézy})$$

- Dit gedrag is in de electrotechniek echter niet met eenvoudige middelen te realiseeren.

Er bestaan echter metaalgeleiders van verschillend fabrikaat, waaronder z.g. Cuprox-cellen. Dit zijn cellen waarvan de stroom-spanningskarakteristiek kan worden voorgesteld door

$$I = R \cdot E^2 \quad I > 0$$

$$I = 0 \quad I < 0$$

Bijna alle waarden van R kunnen worden genomen, doch de wet van de Chézy eischt elementen, die aan het verloop

$$E = \frac{1}{2} R \cdot I^2 \quad I > 0$$

$$E = - R \cdot I^2 \quad I < 0 \quad \text{beantwoorden.}$$

Door "teggengesteld" schakelen der Cüproxcellen kan men wel verkrijgen

$$I = R.E^2 \quad I > 0$$

$$I = -R.E^2 \quad I < 0$$

Op bijlage 8 werd de stroom-spanningskarakteristiek geteekend van twee z.g. Westing-house-J-cellen (goljk-stroommeting). Deze elementen werden voor dit doel afge- staan door P.T.T. Uit de karakteristieken blijkt, dat de- ze cellen zeer goed voldoen aan de wet: $I = R.E^2$.

Past men deze metaalgeleiders toe, dan zal het reciproke net (zie § 11) voldoen aan de kwadratische weerstandswet. Het systeem, dat bovengenoemde cellen - bevat, kan worden vervangen door een reciproke systeem, - waarin kwadratische weerstanden optreden.

Door gebruik te maken van metaalgeleiders en de wederkeerigheid tusschen T en \bar{T} netten is het dus exact mogelijk, de kwadratische weerstandswet weer te geven.

Bovenstaande eigenschappen zijn voor de electriche imitatie van de wetten uit de hydrodynamica van funda- menteele beteekenis.

§ 13 Niet lineaire netwerken.

De netwerken, welke in de voorafgaande paragrafen werden besproken waren z.g. passieve lineaire netwerken.

De netwerken waren lineair, omdat de elementen (weerstanden, zelfinducties, capaciteiten en wederkerige inducties) onafhankelijk zijn van de stroom en spanning.

Bovendien waren de netwerken passief, omdat ze geen energiebronnen bevatten.

De netten, welke aan bovengenoemde eigenschappen voldoen, hebben drie fundamenteele eigenschappen n.l.:

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| a. Superpositie | } zie Inleiding |
| b. Reciprociteit | |
| c. Behoud van frequentie | |

Door passieve lineaire netwerken wordt voldaan aan de eigenschap dat:

$$L.O - M.N = 1 \text{ (Contrôlestelling zie § 6 blz. 37)}$$

Wanneer krachtbronnen in een netwerk optreden zullen deze tot uiting moeten komen in de differentiaalvergelijking, welke de stroom-beweging beheerschen. In § 3 bevat de bewegingsvergelijking twee termen evenredig met η en $\frac{\delta\eta}{\delta t}$. Door een kunstgreep werden deze termen gesplitst in termen evenredig met σ en $\frac{\delta\sigma}{\delta t}$. Deze omwerking geldt echter alleen voor één frequentie, daar men frequentie-afhankelijke weerstanden en coëfficiënten verkrijgt. Laat men echter in de reeds gelineariseerde bewegingsvergelijking de termen evenredig met $\frac{\delta\eta}{\delta t}$ en η staan, dan wordt de contrôlestelling:

$$L.O - M.N = e^{-(r_1 + r_2) t}$$

D.w.z. het lineaire passieve net is veranderd in een ^{riet-}lineair actief net. De herleiding van de termen evenredig met η en $\frac{\delta\eta}{\delta t}$ tot termen evenredig met σ en $\frac{\delta\sigma}{\delta t}$ had dus tengevolge, dat het netwerk van actief, passief was geworden.

Het electrisch weergeven van de termen evenredig met η en $\frac{\delta\eta}{\delta t}$ geeft groote moeilijkheden. De term evenredig met $\frac{\delta\eta}{\delta t}$ vindt haar oorsprong in de verandering van de stroom met de afstand en wordt de Bernouilli-term genoemd. Over het algemeen is de term met $\frac{\delta\eta}{\delta t}$ van weinig beteekenis en kan zoo noodig worden verwaarloosd.

De term evenredig met η vindt haar ontstaan in de verandering van de weerstand met de spanning. De diepte h van een rivier is n.l. een functie van de waterstand. Deze term kan wel gegelijk van belang worden. Een elektrische imitatie van deze term zal waarschijnlijk in het lineaire-actieve net verkregen worden door middel van een radiolamp.

Bevat het netwerk weerstanden, waarvan de stroomspanningskarakteristieken een kwadratisch verloop hebben, dan worden de beheerschende differentiaalvergelijkingen zeer moeilijk op te lossen. Door het kwadratisch karakter van de weerstandsterm verliest de opgelegde spanning haar karakter, wat niet lineaire distorsie wordt genoemd.

Bij actieve niet-lineaire netten wordt niet meer voldaan aan de drie fundamentele eigenschappen welke voor passieve-lineaire netten gelden.

Stelt men n.l. de inkomende spanning voor door V_1 en de uitgaande spanning voor door V_2 , dan zal het verband tusschen de inkomende- en uitgaande spanning

$$V_2 = f(V_1)$$

Indien nu $V_1 = V_0 \sin nt$ wordt

$$V_2 = f(V_0 \sin nt)$$

V_2 is dus nog wel periodiek maar niet meer sinusvormig. Echter bestaat V_2 wel uit een som van sinus- en cosinus functies. Om dit te verduidelijken wordt herinnerd aan het theorema van Fourier. Dit leert, dat een periodieke functie geschreven kan worden als de som van sinus- en cosinus functies.

Dus indien V_2 gegeven is als functie van de t.d., dan geldt:

$$V_2(t) = b_0/2 + \sum_1^{\infty} (a_n \sin n.w.t + b_n \cos n.w.t)$$

Hierin zijn a_n en b_n coëfficiënten die volgen uit de vergelijkingen:

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} V_2(t) \cdot \sin n.w.t. \, d.w.t$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} V_2(t) \cdot \cos n.w.t. \, d.w.t$$

De uitgaande spanning bestaat dus uit de grondfrequentie + bovenharmonischen.

Niet lineaire vervorming beteekent derhalve het ontstaan van nieuwe frequenties, die niet voorkomen in de inkomende spanning.

Voert men nu als get.₁ een zuivere sinusoiden in met de frequentie van het hoofdget.₁, dan zal ^{len} dus wat ook door Dr. Ir. J.P. Mazure in z'n proefschrift wordt aangetoond, bpgenget.₁den optreden. Dit is in overeenstemming met de werkelijkheid.

De regel van behoud van frequentie gaat dus niet meer op. Tengevolge van de linearisatie van de kwadratische weerstandsterm was het niet mogelijk de gel.kstroom en wisselstroom tegel.k te meten. Door het gebruik van Cuproxcellen wordt dit anders. De bedweerstand ^{en de} coëfficiënt van zelfinductie bevatten nu geen get.₁grootheden meer., zoodat de gel.kspanning en wisselspanning tegel.k op het net gezet kunnen worden. Ook de ingangspanning kan een willekeurige vorm hebben, d.w.z. men zal zich niet tot de hoofdcomponente van het get.₁ behoeven te

bepreken. Het ontstaan en de voortplanting van de bovengetijden kan nu worden nagegaan. Moeilijker wordt het echter om dat gedeelte van de weerstand na te bootsen, wat van de spanning afhangt.

Stelt men de elektrische weerstandsterm voor door

$$E = \pm R \cdot I^2 \text{ dan wordt}$$

$$R = \frac{1}{C^2 \cdot b^2 \cdot h^2 \cdot R_h}$$

In deze uitdrukking voor R stelt h de momenteel diepte voor en R_h de hydraulische straal.

De waarde h kan nu worden geschreven als:

$$h = H_m + \eta$$

Stelt men bovendien $R \sim h$ dan verkrijgt men voor R

$$R = \frac{1}{C^2 \cdot b^2 \cdot (H_m + \eta)^2} \text{ of, bij benadering}$$

$$R = \frac{1}{C^2 \cdot b^2 \cdot H_m^2} \cdot (1 - 2\eta/H_m)$$

De spanning E wordt nu:

$$E = \pm \frac{I^2}{C^2 \cdot b^2 \cdot H_m^2} \mp \frac{2}{C^2 \cdot b^2 \cdot H_m^3} \cdot I^2 \cdot \eta \text{ of}$$

$$E = \pm R' \cdot I^2 \mp \frac{2}{H_m} \cdot R' \cdot I^2 \cdot \eta$$

Stelt men $2/H_m = \alpha$ dan wordt:

$$E = \pm R' \cdot I^2 \mp \alpha R' \cdot I^2 \cdot \eta$$

Voor de zelfinductie vindt men langs overeenkomstige weg

$$L \cdot \frac{\delta I}{\delta t} = L' \cdot \frac{\delta I}{\delta t} - \frac{L'}{H_m} \cdot \frac{\delta I}{\delta t} \cdot \eta$$

De term $\pm R' \cdot I^2$ is nu electrisch na te bootsen door middel van metaalgeleiders en het reciproke systeem, terwijl de term $L' \frac{\delta I}{\delta t}$ door middel van inductiespoelen is te imiteeren. Moeilijker wordt het echter de termen evenredig met $I^2 \eta$ en $\frac{\delta I}{\delta t} \cdot \eta$ te imiteeren. Voor de imitatie van

deze termen zullen krachtbronnen in het net opgenomen moeten worden. Dit onderwerp wordt nog nader bestudeerd.

§ 14 Korte samenvatting en conclusies.

De 1ste proef, welke in het accoustisch laboratorium door den ingenieur van de N.R.O. Ir. J.J. Geluk n.i. op verzoek van den Hoofdingenieur der R.W.S. Dr. Ir. Joh. van Veen werd verricht, gaf reeds vr. bevredigende resultaten. De verschillen, die tusschen de meetproeven en de berekeningen voorkwamen, kunnen grootendeels als volgt worden verklaard:

a De elementen, die b. de meetproeven werden gebruikt, zooals weerstanden, zelfinducties en condensatoren, voldeden niet aan de opgegeven waarden. Deze onderdeelen, die massaproducten z.n., bezitten slechts een nauwkeurigheid van 10%. Men zal dus onderdeelen moeten gebruiken, die veel nauwkeuriger z.n.

b De verdeeling van de weerstanden, zelfinducties en condensatoren moet over een riviersectie meer continue zijn.

In verband met b werd een tweede proef verricht in het laboratorium van de R.T.F. in den Haag door Ir. W.H. van Zoest e.i.

B. deze proef werden aan de weerstanden, zelfinducties en capaciteiten in serie en parallel geschakeld, zoodanige waarden gegeven, dat exact aan de vierpoolvergelijkingen werd voldaan. Gekozen werd voor het vervangingschema de z.g. equivalent Π . De methode, om de vervangingswaarden van R, L, C en C' te berekenen en de meetresultaten van de 2de proef z.n. vermeld in § 8.

Het berekenen van een vervangingsschema brengt echter nog al veel rekenwerk met zich mede en daar het streven is, om het rekenwerk tot een minimum te beperken, leek het gewenscht de 1ste proef nogmaals uit te voeren met in achtname van de onder a en b genoemde bezwaren.

Hiertoe werd een riviersectie van l km lengte "electrisch" nagebootst door middel van een aantal Π of T secties en wel zoodanig, dat binnen een te stellen nauwkeurigheid exact aan de vierpoolvergelijkingen wordt voldaan.

De meetuitkomsten van de 3de proef zijn in buitengewone goede overeenstemming met de resultaten der berekeningen (§ 10).

De netwerken, welke bij de 3 proeven gebruikt zijn, waren z.g. passieve lineaire netten. Dit laatste wil zeggen, dat de drie fundamenteele eigenschappen n.l.:

a. Superpositie

b. Reciprociteit

c. behoud van frequentie, gelden.

Bovendien bevatten deze netten geen energiebronnen, daar de termen evenredig met η en $\frac{\delta\eta}{\delta t}$ door een kunstgreep zijn omgewerkt tot termen evenredig met σ en $\frac{\delta\sigma}{\delta t}$.

Een gevolg hiervan echter is, dat de weerstand en de coëfficiënt van zelfinductie afhankelijk worden van de frequentie n ($n = 1,40510^4$), zoodat de systemen alleen geschikt zijn voor het meten van sinusoidale spanningen en stroomen met de frequentie van het hoofdget. (M_2).

In het algemeen zou men de netwerken in 4 klassen kunnen indeelen n.l.

- 1e. lineaire passieve netten
- 2e. niet lineaire actieve netten
- 3e. kwadratisch passief net
- 4e. kwadratisch actief net
- De stroom-spanningskarakteristieken der weerstanden zijn lineair. In het net komen geen energiebronnen voor. Voor deze netten gelden de eigenschappen:
- Superpositie
 - Reciprociteit
 - Behoud van frequentie
- De stroom-spanningskarakteristieken der weerstanden zijn lineair. In het net komen energiebronnen voor. De onder a, b, en c genoemde eigenschappen gelden niet meer.
- De stroom-spanningskarakteristieken der weerstanden hebben een kwadratisch verloop. Het net bevat geen energiebronnen. De onder a, b en c genoemde eigenschappen gelden niet.
- De stroom-spanningskarakteristieken der weerstanden hebben een kwadratisch verloop. Het net bevat energiebronnen. De onder a, b en c genoemde eigenschappen gelden niet.

Bij de onderpunt 1 genoemde netten, moet men zich beperken tot zuivere sinusoidale spanningen en -stroomen. De weerstanden en zelfinducties worden, te gevolge van het passiefmaken van het oorspronkelijke actieve net, afhankelijk van de frequentie. Tot deze klasse moeten de in de 1e, 2e en 3e proef gerekend worden.

Bij de onderpunt 2 genoemde netten wordt de ingangsspanning zuiver sinusoidaal genomen. In dit net moeten krachtbronnen opgenomen worden voor het weergeven van de term evenredig met de spanning.

Bij de onderpunt 3 genoemde netten kan de ingangsspanning ledere willekeurige vorm hebben. Bij toepassing van deze netten wordt de verandering van de weerstand met de spanning verwaarloosd. D.w.z. de netten bevatten geen energiebronnen.

Bij de onderpunt 4 genoemde netten kan de ingangsspanning ledere willekeurige vorm hebben. De verandering van de weerstand met de spanning wordt weergegeven door energiebronnen.

De onder 2, 3 en 4 genoemde systemen moeten nog worden bestudeerd. De studie hieromtrent is zoo vorderd, dat het tweede systeem is te realiseeren met behulp van radiolampen als energiebronnen. Het derde systeem wordt teruggebracht tot het z.g. reciproke systeem met metaalgeleijkrichters. De proeven met dit systeem moesten tot na den oorlog uitgesteld worden, daar op het oogenblik niet beschikt wordt over de vereischte metaalgeleijkrichters. Ook het vierde systeem zal gerealiseerd moeten worden met behulp van het reciproke systeem en metaalgeleijkrichters. Over de hoedanigheid van de energiebronnen zal een diepgaande studie noodig zijn.

Het reciproke schema is van fundamenteele beteekenis voor het weergeven van de kwadratische weerstandsterm. Dit zal echter alleen dan voor ons van belang worden, indien de stroom-spanningskarakteristieken der metaalgelijkrichters een kwadratisch verband vertoonen. Zeer goed wordt hieraan voldaan door de z.g. Westinghouse-J-cellen. Na den oorlog zal het dan ook zeer noodzakelijk zijn met de fabrikanten van deze cellen in verbinding te stellen.

Bij het kwadratisch-passief en -actief systeem behoeft aanzienlijk minder ~~minder~~ rekenwerk te worden verricht, dan bij het lineaire passieve netwerk. Immers, bij dit laatste systeem is de kwadratische weerstandsterm gelineariseerd. Bij het lineariseeren moet men aanvankelijk de grootte van de gemiddelde getjstroomen op een riviersectie schatten en bij een vertakt net (één of meer knooppunten) de verdeling van de gelijkstroom over de splitsingspunten. Na de eerste meting worden de waarden van de weerstanden gecorrigeerd. Daarna wordt met de gecorrigeerde weerstanden de meting opnieuw verricht en deze handeling moet zoolang herhaald worden, totdat de aanvankelijk geschatte getjgrootheden in overeenstemming zijn met de gemeten waarden.

Bij het kwadratisch-passief en -actief net zijn de elementen onafhankelijk van de getjgrootheden. Men behoeft de meting maar éénmaal uit te voeren. Bovendien moeten de wisselstroom en gelijkstroom gelijktijdig gemeten worden, daar ze elkander beïnvloeden. Bij gebruik van gelineariseerde weerstandstermen, is dit laatste onmogelijk, daar de weerstanden voor de wisselspanning en gelijkspanning verschillen.

Op onze rivieren zal de capaciteitswaarde C in de regel geen constante waarden hebben, maar varieeren met de waterstand.

C is dus een functie van de spanning en men zal kunnen schrijven dat:

$$C = C_m + d.f(\eta).$$

$f(\eta)$ zal b.v. bij benadering een lineaire functie zijn van η . Het imiteeren van een variabele C moet nog worden bestudeerd.

Het rekenwerk zal aanzienlijk bekort kunnen worden, indien voor de R , L , C en C' waarden-momogrammen worden samengesteld.

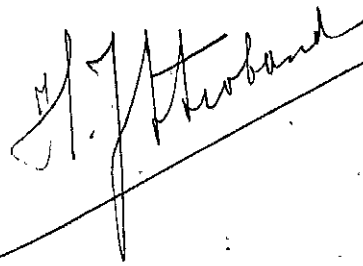
De in deze nota behandelde praktische en theoretische onderwerpen geven aanleiding tot de volgende conclusies:

- 1e De door Dr. Ir. Joh. van Veen geopperde veronderstelling, dat met behulp van elektrische stroomen de voortplanting van het getij kan worden nagegaan, blijkt zeer juist te zijn.
- 2e De berekeningen en de metingen van de getjebeweging (M_2 getj) op de rivier de Lek stemmen zeer goed met elkaar overeen.
- 3e Voor het lineariseeren van de kwadratische weerstandsterm moet men gebruik maken van de door Dr. Ir. J.P. Mazure aangegeven methode.
- 4e Het kwadratisch verloop van de stroom-spanningskarakteristieken van de Westinghouse-J-cellen, is voor het imiteeren van de kwadratische weerstand van fundamenteele beteekenis.
- 5e Door toepassing van het reciproke schema is het mogelijk met behulp van de metaalgeleiders de kwadratische dynamische vergelijking electrisch te imiteeren.
- 6e Het opnemen van energiebronnen en variabele capaciteitswaarde moet verder worden bestudeerd.
- 7e Het gebruik van momogrammen voor het vaststellen van de R , L , C en C' waarden moet ten zeerste worden aanbevolen.

8e Het voortzetten van de studie en het doen van verdere proeven aangaande het electrisch imiteeren van de getjboweging moet met kracht worden voortgezet.

Den Haag, Winter 1944/'45

H.J. Stroband

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'H.J. Stroband', is written over a diagonal line that extends from the bottom left towards the top right.

Lite ratuurlijst.

- Dr.Ir.J.P.Mazure. De berekening van getijden en stormvlooden op benedenrivieren.
- Dr.Ir.Joh.van Veen Getijstroomberekeningen met behulp van wetten analoog aan die van Ohm en Kirchhoff. De Ingenieur 1937 No.19.
- Dr.J.J.Dronkers. Een getijberekening voor benedenrivieren. De Ingenieur 1935 No.34.
- Verslag St.C.Zuiderzee. Verslag van de Staatscommissie Zuiderzee 1918-1926.
- C.v.Rziha u.J.Seidener Starkstromtechnik 1.Band.
- S.Breisig Theoretische telegrafie.
- C.Mallett Telegraphy and Telephony.
- T.E.Shea M.S. Transmission Networks and Wave Filters.
- Balth van der Pol en Th.J.Weijers. Electricische filters. Philips-technisch tijdschrift 1936.
- K.Maier Trockengleichrichter.
- Ir.R.Drucker en Ir.J.R.C.lsbriicker. De theoretische grondbeginselen der electrotechniek.
- W.Kaufmann H,dro-mechanik I - II
- J.Versluijs en R.Wijdenes Groote tafel in 5 decimalen tafel H.
- Dr.Ing.Keiichi Hayashi Fünfstellige Tafeln der Kreis- und hyperbelfunctionen sowie der funktionen e^x und e^{-x} .

Lijst der bijlagen.

Bijlage I. 2591 A ₂	Waarden van de coëfficiënten behoorende bij de getijberekening "mazure"-
Bijlage II. 3228 A ₂	Berekening
Bijlage III 3223 B ₁	Rivier de Lek. 1ste proef.
Bijlage 4a. 3280 A ₁	Vakconstanten. behoort bij de berekening van de Lek met $r_1 = -r_2$.
Bijlage 4 ^b 3282 A ₃	Berekening en controle der Vakcoëfficiënten. Behoort bij de berekening van de Lek $r_1 = lr_2$.
Bijlage 4 ^c 3281 A ₃	Aaneenschakeling der vakken. behoort bij de berekening van de Lek $r_1 = -r_2$.
Bijlage 5 3201 B ₂	Berekening van de "equivalent W".
Bijlage 6 3224 B ₁	Rivier de Lek. 2de proef.
Bijlage 7 3552 B ₁	Rivier de Lek. 3de proef.
Bijlage 8 3854 A ₁	Stroomspanningskarakteristieken. Westinghouse - J -cellen.

Gebezigde symbolen en hun beteekenis in de hydrodynamica.

- α Lek coëfficiënt.
- b stroomvoerende breedte
- b_w id. gematen op den waterspiegel.
- e^w 2,71828.....
- g versnelling van de zwaarte kracht
- h waterdiepte. t.o.v. veugelijkingsvlak.
- i imaginaire eenheid.
- j verhang.
- l lengte van een riviarsectie.
- m_o)
- m_i)
- m_e) dimansielooze weerstandcoëfficiënten.
- m_o)
- m_i)
- n hoeksnelheid ($2\pi \cdot T$).
- p waterdruk
- z complexe vervormings coëfficiënt $(\mu + \nu i)$.
- s stroom.
- s_o grootste der beide waarden S en s_o
- t tijd.
- v horizontale snelheid.
- X afstand langs geulas.
- z hoogte van den waterspiegel t.o.v. nulvlak (N.A.P.).
- A amplitude.
- B_o bergende breedte.
- C coëfficiënt in de formule van Chézyj.
- C_1, C_2 integratie constanten.
- F oppervlakte van het dwarsprofiel.
- H diepte in den middenstand.
- L)
- M) coëfficiënten van de vakvergelijkingen.
- N)
- C)
- K lineaire weerstands coëfficiënt.
- R hydraulische straal.
- S bovenafvoer.
- T getijperiode.
- W weerstand.

- ε $bg \sin S : \sigma$
- η verheffing van den waterspiegel t.o.v. den middenstand.
- θ $nt - \phi$
- κ fasehoek van het verticaal getij.
- μ dempingscoëfficiënt.
- ν vertragingscoëfficiënt.
- π 3,1416.
- ρ dichtheid.
- σ getijstroom.
- ϕ fasehoek van den getijstroom.
- χ coëfficiënt voor den invloed van de waterdiepte op het afvoerend vermogen.

Indices.

- m waarde in den middenstand van
 - o (bij getij grootheden) Amplitude van
- Voor afwijkende symbolen is in de tekst de beteekenis aangegeven.

Gebruikte symbolen en hun beteekenis in de electrotechniek

A: afleiding.
 C: capaciteit-parallel.
 Cl: condensator in serie.
 I₁: stroom begin van een sectie.
 I₂: stroom aan het einde van een sectie.
 K: weerstands waarde.
 L: zelfinductie.
 R: weerstand.
 V₁: spanning, begin van een sectie.
 V₂: spanning aan het einde van een sectie.

e: spanning.
 i: stroom.
 t: tijd.
 x: afstand.
 u: spanning.

α
 β
 γ
 δ } constanten.

Voor de overige symbolen is in de tekst de beteekenis aangegeven.

<u>Electrische eenheden.</u>			
Ampère	A	coulomb	C
milliampère	mA	farad	F
megohm	M-Ω	mikrofarad	μF
ohm	ohm of Ω	nanofarad	nF
kilo volt	kV	picofarad	pF
volt	V	henrij	H
kilo watt	kW		
watt	W		
joule	J		
<u>Voor voegsels.</u>			
tera	10 ¹²	T	
giga	10 ⁹	G	
mega	10 ⁶	M	
kilo	10 ³	k	
mille	10 ⁻³	m	
mikro	10 ⁻⁶	μ	
nano	10 ⁻⁹	n	
pico	10 ⁻¹²	p	

A A N H A N G S E L

door

G. M A K.

Het electrisch meten van stroom en spanning, resp. horizon-
taal en verticaal getij, in verschillende punten van een
schakeling, voorstellende de rivier "de Lek".

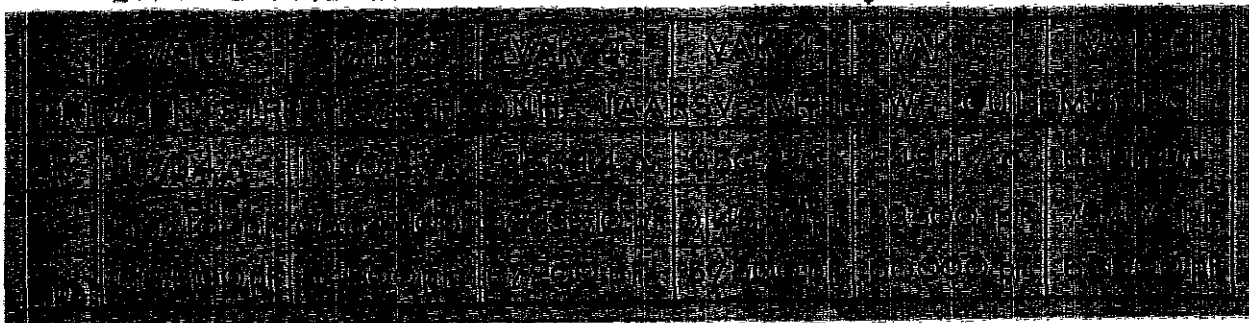
3de proef.

Beschrijving van de schakeling.

: In tegenstelling met de 2de proef is bij deze derde meting van de godachte uitgegaan de diverse elementen zoo continu mogelijk langs het traject te verdeelen. Hetzelfde idee dus, waarvan is uitgegaan bij het opzetten van de 1ste proef. (Zie beschrijving van de 1ste, 2de en 3de proef is te vinden in het rapport van den Heer H.J. Stroband, getiteld: De voortplanting van het getij, bepaald langs electrische weg.)

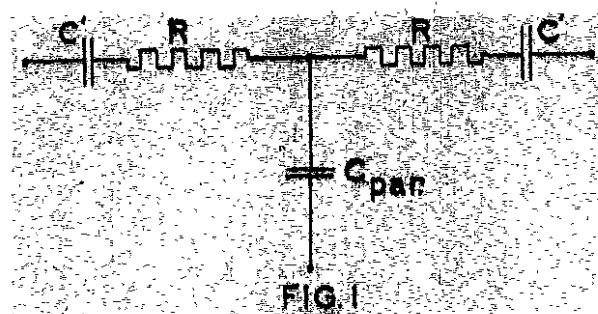
Bij de 1ste proef echter liet de nauwkeurigheid van de verschillende onderdeelen nog al wat te wenschen over. Dit nu is bij de 3de proef verbeterd, terwijl ook de continuïteit wat opgevoerd is.

De berekende waarden voor de weerstanden, seriecapaciteiten en parallelcapaciteiten bij een frequentie van 1000 Hz voor de verschillende vakken z.j.n:



In overleg met den Heer Ir. van Zoest, ingenieur bij de P.T.T. is nu ieder vak onderverdeeld in secties.

Deze secties lijken wat vorm betreft op een T en worden daarom T-secties genoemd.



De vakken I t/m VI zijn nu als volgt onderverdeeld:

Vak I in 1 sectie

Vak II in 1 sectie

Vak III in 2 secties

Vak IV in 2 secties

Vak V in 3 secties

Vak VI in 3 secties

Deze verdeling is gekozen in verband met de vereischte nauwkeurigheid. Een berekening hierover is te vinden in het reeds genoemde rapport van den Heer H.J. Strobant.

De getallengrootheden van de onderdeelen, waarmede de schakeling moet worden opgebouwd, laten zich nu gemakkelijk berekenen.

Voor vak I, bestaande uit 1 sectie, moet de weerstand van 557.34Ω verdeeld worden in twee gelijke onderdeelen. Iedere weerstand wordt dan $\frac{557.34}{2} = 278.67 \Omega$. Daar de nauwkeurigheid van de meting toch niet beneden 1% behoeft te vallen, is hiervoor een weerstand van 279Ω te nemen.

De seriecapaciteit van $5.9 \mu F$ moet eveneens in twee gelijke deelen gesplitst worden, het gezamenlijke capaciteit van $5.9 \mu F$. Iedere condensator wordt dan $2 \times 5.9 = 11.8 \mu F$.

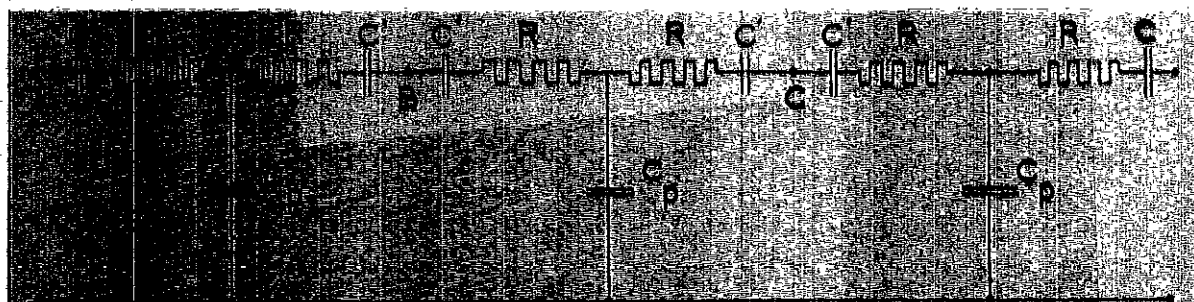
De parallelcapaciteit blijft onverdeeld, wordt dus een condensator van $68.800 \mu F$.

Men dient hier echter wel rekening mede te houden, dat tengevolge van de 10 maal hogere impedantie, de stroom 10 maal zoo klein wordt.

Het is ook mogelijk de diverse onderdeelen kleiner te laten uitvallen, door de meetfrequentie in plaats van 1000 Hz. b.v. 10.000 Hz te maken.

In verband echter met het bij hogere frequenties optreden van wederzijdsche beïnvloeding der onderdeelen en andere dergelijke storingen, is hiervan afgezien.

Beschouwt men nu nog even de opbouw van b.v. het VIde vak. In schema ziet dit er als volgt uit:



Het punt A, het verbindingspunt met het vorige vak, dient als meetpunt. In de knooppunten B en C echter wordt niet gemeten. In deze punten nu zijn telkens 2 condensatoren in serie geschakeld.

Het zal nu aan de continuïteit geen afbreuk doen, indien elk paar condensatoren resp. in de punten B en C vervangen wordt door 1 condensator van de halve capaciteit. Dit geeft minder werk bij het maken van de schakeling en is bovendien een besparing van thans schaarsch voorhanden zijnde onderdeelen.

Bij de meetproef is dit laatste gedaan voor de vakken V en VI, zoodat het definitieve schema, zoodat het bij de meting gebruikt is, eruit ziet, zoodat het in bijlage I getekend is.

Voor vak II geldt dezelfde berekening.

De vakken III en IV bestaan elk uit 2 secties. De totaalweerstand moet dan voor ieder vak verdeeld worden over 4 gelijke weerstanden. Getzelfde geldt voor de seriecapaciteiten, terwijl de parallelcapaciteiten in twee gelijke deelen gesplitst worden.

Voor de vakken V en VI, ieder bestaande uit 3 secties worden deze getallen, 6 serieweerstanden, 6 seriecapaciteiten en 3 parallelcapaciteiten voor elk vak.

In tabelvorm samengevat verkrijgt men nu:

Vak	Aantal secties	Weerstand		Seriecond.		Dwarscond.	
		Aantal	Grootte	Aantal	Grootte	Aantal	Grootte
I	1	2	279	2	$11.8 \times 10^{-10} F$	1	60.000 p.F
II	1	2	525	2	1.73×10^{-10}	1	54.900
III	2	4	641	4	932.000	2	33.600
IV	2	4	875	4	592.000	2	28.750
V	3	6	916	6	501.000	3	20.000
VI	3	6	1147	6	460.000	3	21.270

Er dient nog te worden opgemerkt, dat bovenstaande waarden gelden voor een frequentie van 1000 Hz.

Practisch kleeft nu aan bovenstaande waarden het bezwaar, dat in 't bijzonder de ~~serie~~ seriecondensatoren wat groot zijn. Vooral een condensator van $11.8 \mu F$ is, hoewel niet onmogelijk, toch van onhandelbare grootte. Bij de proef is dit bezwaar ondervangen door de impedanties 10 maal hoger te maken, wat hierop neerkomt, dat alle weerstanden 10 maal zoo groot en alle condensatoren 10 maal zoo klein worden. De zoodoende verkregen waarden leveren praktisch zeer goed handelbare onderdeelen op.

Opbouw van de schakeling.

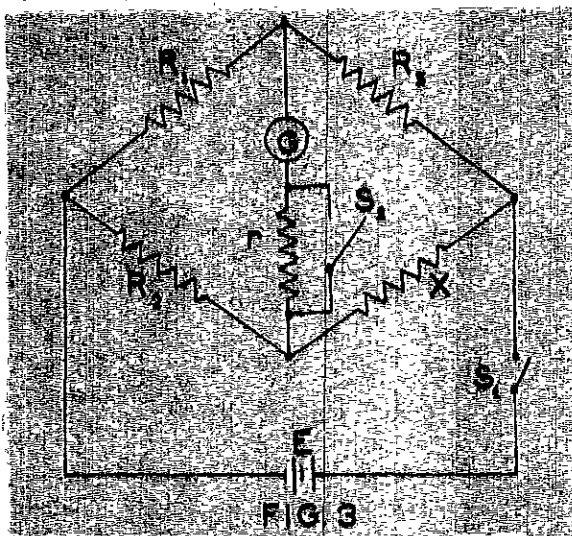
Daar de verschillende weerstanden en condensatoren, waarmede de schakeling is opgebouwd, een nauwkeurigheid van $\pm 10\%$ hebben, is het noodig ieder onderdeel na te meten en de juiste grootte vast te stellen.

a. Het meten van de weerstanden.

Het meten van de weerstanden is gedaan met behulp van een weerstandsmetbankje. Deze meetbankjes zijn tot elk gewenscht meetbereik en met hooge graad van nauwkeurigheid in de handel te verkrijgen.

De meting zelf is gewoon een weerstandsmeting met behulp van de brug van Wheatstone.

Eenvoudig voorgesteld ziet dus in principieschema de inwendige schakeling van zoo'n bankje er als volgt uit:



R_1 , R_2 , R_3 en X zijn weerstanden, waarvan X de onbekende, dus de te meten weerstand. G is een gevoelige draaispoelgalvanometer met nulpunt in het midden. r is een hoogohmige voor-schakelweerstand, die dient ter bescherming van de gevoelige galvanometer en die door middel van de schakelaar S kortgesloten kan worden. Dit laatste gebeurt, wanneer tijdens de

meting de evenwichtstoestand bijna bereikt is. Tenslotte is E de spanningsbron, bestaande uit enkele droge elementen. De schakelaar S, dient om deze spanningsbron af- of aan te schakelen.

Als nu de brug in evenwicht is, d.w.z. de galvanometertak stroomloos is, kan zeer eenvoudig worden afgeleid de betrekking:

$$R_1 : R_2 = R_3 : X$$

$$X = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

R_1 en R_2 zijn uitgevoerd als vaste weerstanden, R_3 is variabel met trappen van b.v. $0,1 \Omega$. Het resultaat wordt al bijzonder eenvoudig indien $R_1 = R_2$ gemaakt wordt, immers dan wordt $X = R_3$. De waarde van de onbekende weerstand is dan direct af te lezen.

De weerstanden, die voor de meetproef gebruikt zijn, zijn allen koolstofweerstand. Nu zijn deze weerstanden normaal in zeer veel grootten te verkrijgen, zodat na eenig combineren steeds de vereischte weerstand te verkrijgen is. Overigens is dit een t. droovend werk, te meer daar de nauwkeurigheidsgrenzen der weerstanden nogal ruim zijn ($\pm 10\%$).

Eenvoudiger werkt men door een weerstand samen te stellen die iets kleiner is dan de vereischte.

Moet men b.v. een weerstand van 6410Ω hebben, dan neemt men een weerstand van 6000Ω of een combinatie van 5000Ω en 1000Ω in serie, enz. Ze moet echter steeds kleiner zijn dan 6410Ω .

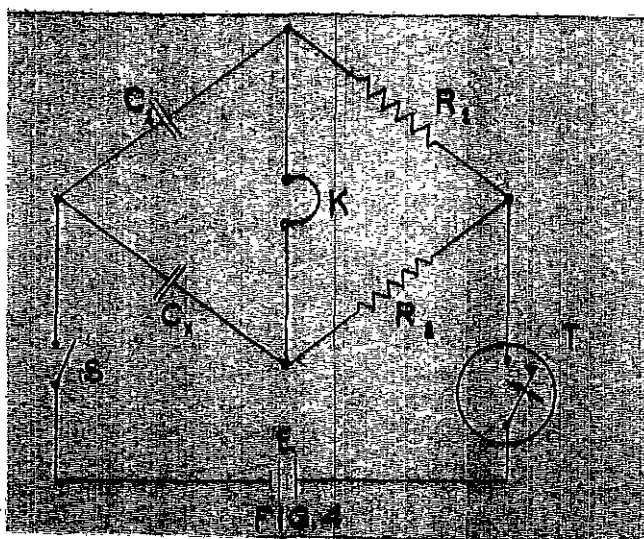
Men sluit nu de te kleine weerstand op de bank aan en stelt R_3 zoodanig af, dat bij evenwicht $x = 6410 \Omega$ moet zijn.

De galvanometer zal nu een flinke uitslag geven. Er kan nu met een mesje voorzichtig wat koolstof van het te meten weerstandje afgeschraapt worden. Zeer geleidelijk zal dan gedurende het schrappen de galvanometer uitslag nul worden. Op deze manier verkrijgt men zeer nauwkeurig de vereischte weerstand op b.v. 1 $\frac{0}{00}$, afhankelijk van de nauwkeurigheid van de bank.

b. Het meten van de condensatoren.

Het meten van de condensatoren is gedaan met een condensatormeetbank. Ook deze bankjes zijn in vele vormen in de handel verkrijgbaar.

Evenals de weerstandmeetbankjes berusten ook deze bankjes op het principe van de brug van Wheatstone, zoals onderstaande eenvoudig schema laat zien:



Hierin zijn C_1 en C_x twee condensatoren, waarvan C_x de te meten capaciteit. R_1 en R_2 zijn twee regelbare weerstanden. Het systeem wordt gevoed door een paar droge elementen E via de trilleromvormer T . Deze trilleromvormer vervormt de door E afgegeven gelijkstroom tot b.v. een pulserende gelijkstroom of tot een wisselstroom.

Deze stroomsoorten zijn zeer goed hoorbaar te maken met behulp van een koptelefoon. K.

Indien nu de brug in evenwicht is, loopt door de telefoontak geen stroom, is dus de telefoon geruischloos. Op deze manier kan men heel nauwkeurig meten.

Bij brugevenwicht is eenvoudig de volgende betrekking af te leiden:

$$C_1 : C_x = R_1 : R_2$$

De onbekende capaciteit wordt dus vergeleken met een bekende en de verhouding wordt weergegeven door de twee regelbare weerstanden R_1 en R_2 .

De condensatormmeetbankjes zijn nu zoodanig uitgevoerd, dat direct de capaciteit van C_x wordt afgelezen. De op het laboratorium van de I.F.T. gebruikte bank heeft een nauwkeurigheid van $\pm 1\%$.

Voor de proef zijn uitsluitend papiercondensatoren gebruikt. Deze condensatoren zijn eveneens in zeer vele maten in de handel verkrijgbaar. De nauwkeurigheid ligt weer tusschen de $\pm 10\%$.

Aan de grootte van deze condensatoren is niets te veranderen. Als men nu een paar capaciteiten van b.v. 59.200 p.F. noodig heeft, doet men het beste eerst een serie van b.v. 10 condensatoren van 50.000 p.F. en een serie van 8.000 p.F. afzonderlijk te meten. Door combineeren zijn nu wel capaciteiten samen te stellen, die in de buurt van 59.200 p.F. liggen. Tot de juiste waarde komt men dan door aanvulling met kleine condensatoren van 50, 100, 200, 300 enz. p.F. waarvan men tevoren ook reeds verschillende serie's heeft opgemeten.

Om overgangsweerstanden te voorkomen, wordt elke combinatie van condensatoren, alvorens haar te meten, aan elkaar

gesoldeerd. Men moet hierbij oppassen, dat de condensatoren niet te warm worden, daar anders de isolatiestof, waarin ze gekit zijn, smelt en dit invloed heeft op de grootte van de capaciteit.

Uit het bovenstaande blijkt wel, dat het samenstellen van de benodigde capaciteiten voor de proef, en dat zijn er heel wat, een betrekkelijk tijdrovend werk is, hoewel de meting zelf vlug verloopt.

Het samenstellen van de diverse onderdeelen.

Om onbekende en wisselende overgangsweerstanden te voorkomen, worden alle onderdeelen aan elkaar gesoldeerd. Men moet hierbij, de bovenstaande opmerking in acht nemen en zorgen, dat de condensatoren niet te warm worden.

Om de schakeling overzichtelijk te maken zijn op een plank, alle weerstanden en seriecacapaciteiten achter elkaar geplaatst in één rij. Evenwijdig hieraan is een rechte onderbroken draad gemonteerd. Tusschen deze twee rijen zijn op de juiste plaats de parallelcondensatoren aangebracht. De schakeling wordt op deze manier betrekkelijk lang. Bij deze proefbrug meter.

Daar de weerstanden en condensatoren zoo gemaakt zijn, dat ze onderling geen invloed op elkaar uitoefenen, zou het zeer goed mogelijk zijn alles compacter te bouwen, waardoor bij wijze van spreken, de geheele schakeling in een sigarenkistje zou kunnen. Het overzicht zou echter geheel verloren gaan en het aanbrengen van kleine veranderingen lastig worden.

Er dient nog te worden opgemerkt, dat het monteeren een werkje is, dat vlug verloopt en dus niet veel tijd in

beslag neemt.

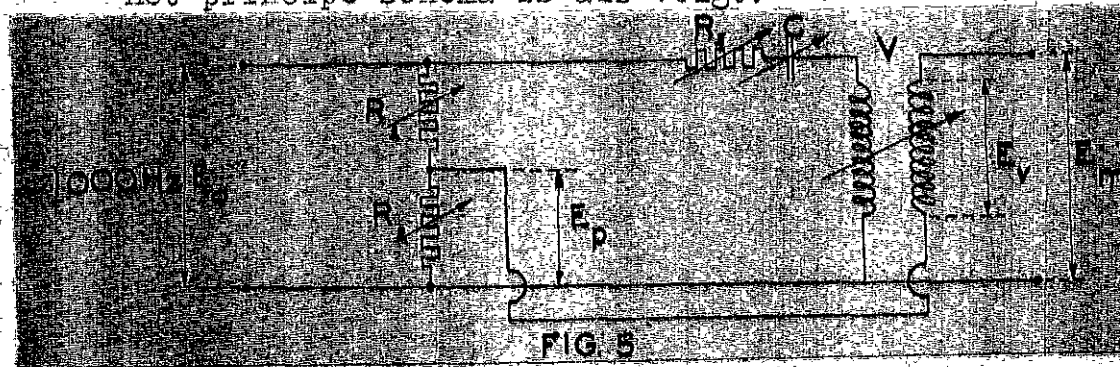
Het meten van het verticaal getij.

Deze meting komt hierop neer, dat in de diverse knooppunten, zooals Streefkerk, Schoonhoven enz. de spanning zoowel in grootte als in phase gemeten wordt en deze wordt vergeleken met de ingangsspanning bij Krimpen.

Door den Heer Ir. van Zoest is nu een meetinstrumentarium samengesteld, dat de vergelijking tusschen ingangsspanning en de te meten spanning geeft, terwijl de phase met een gemeten wordt.

Beschrijving en verklaring van het meetinstrument.

Het principe schema is als volgt:



De ingangsspanning E_0 van 1000 Hz. wordt geleverd door een lampgenerator, behoorende tot het vaste instrumentarium van het laboratorium van de P.T.T. Daar deze generator nog al veel bovenharmonischen levert is tusschen generator en meetinstrument nog een low-pass filter geplaatst, die deze bovenharmonischen sterk onderdrukt, wat het zuiver meten zeer ten goede komt.

In de eerste plaats wordt de spanning E_0 geleid over een spanningsdeeler. Dit zijn hier de twee Ohmsche weerstanden R_1 en R_2 in serie. R_1 en R_2 zijn variabel.

Hiermede is het mogelijk de spanning E_p alle mogelijke waarden tusschen 0 en E_0 te geven. Daar R_1 en R_2 zuiver Ohmsche weerstanden zijn is E_p steeds in fase met E_0 .

De grootte van E_p laat zich gemakkelijk berekenen en wel:

$$E_p = E_0 \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

R_1 is een weerstandsbankje met meetbereik van 10.000 Ω regelbaar in trappen van 1 Ω .

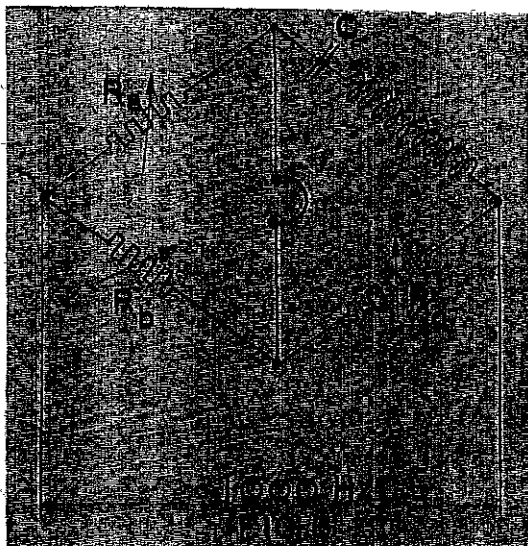
R_2 is eveneens een weerstandsbankje met meetbereik van 1000,0 Ω , regelbaar in trappen van 0,1 Ω .

Op de spanning E_0 zijn verder aangesloten een Ohmsche weerstand R_3 , een variabele condensator C en de vaste spoel van een variometer. Deze drie onderdeelen staan in serie.

De combinatie condensator en spoelvariometer eischen een nadere verklaring.

Tengevolge van de Condensatorwerking zal in C de stroom, die als gevolg van de aangelegde spanning E_0 gaat vloeien, 90° verschoven worden, en wel zoodanig, dat de phase van de stroom 90° voorijlt bij die van de spanning.

In de spoel echter vindt een tegengestelde werking plaats, ook hier zal de phase van de stroom 90° bij die van de spanning veranderd worden, nu echter zoodanig dat de stroom 90° naajlt. Met behulp nu van de variabele condensator C wordt de combinatie zoop afgestemd, dat de totaal phaseverschuiving tusschen stroom en spanning 0 wordt, m.a.w. dat de combinatie spoel-condensator zich gaat gedragen als een Ohmsche weerstand. De bepaling van deze wisselstroomweerstand geschiedt met een brugschakeling.



Men regelt nu R_a , R_b , R_c en C zoodanig af, dat de telefoontak stroomloos, dus de koptelefoon geruischloos is. (zie fig. 6)

Noemen we nu de wisselstroomweerstand van de combinatie condensator-spoel = R_v , dan is deze gemakkelijk te berekenen uit de betrekking:

$$R_v = \frac{R_a \cdot R_c}{R_b}$$

R_v gedraagt zich dus volkomen als een Ohmsche weerstand en blijft gedurende de geheele proef constant. Ook blijft de nu afgeregelde condensator steeds in dezelfde stand gedurende de meting.

Beschouwd men nu weer de tak met R_3 , C en spoel in serie, dan ziet men dat tengevolge van de aangelegde spanning E_0 hierin een stroom gaat vloeien en wel:

$$I = \frac{E_0}{R_3 + R_v}$$

Deze stroom is volkomen in phase met E_0 .

R_3 is een weerstandsbank van 100.000 Ω regelbaar in trappen van 1 Ω .

Hiermede is dus de grootte van de stroom I te regelen.

Zoals reeds is opgemerkt maakt bovengenoemde spoel een onderdeel uit van een z.g. variometer.

Een variometer nu, is een instrument, dat uit twee vlakke spoelen bestaat, waarvan de eerste vast is opgesteld, terwijl de tweede spoel draaibaar is in de eerste. De stand van de spoelen ten opzichte van elkaar, wordt door middel van een schaalverdeling afgelezen.

Vloeit nu door de eerste spoel een wisselstroom, dan zal hierdoor een wisselveld opgewekt worden. Al naar gelang de stand van de spoelen t.o.z. van elkaar zal de tweede spoel dit veld ook min of meer omvatten. Hierdoor wordt in de tweede spoel een E.M.K. geïnduceerd. Deze E.M.K. van inductie is maximum indien de veld verandering het grootst is, d.w.z. op het moment, dat de fase van de stroom in de eerste spoel 0° of 180° is. Hieruit volgt, dat de stroom in de eerste spoel 90° in phase verschilt met de opgewekte E.M.K. in de tweede.

De grootte van de opgewekte E.M.K. is evenredig met de grootte van de stroom I, de frequentie van deze stroom en met de stand van de spoelen t.o.v. elkaar de z.g. koppeling, voorgesteld door de letter m. In formule:

$$\text{Opgewekte E.M.K.} = E_v = I \cdot w \cdot m.$$

De factor m wordt afgelezen op een bij de variometer behorende grafiek, die de bij het aantal afgelezen schaaldeelen behorende grootte van m aangeeft.

w is de hoeksnelheid van de stroom e.v. spanning en bedraagt bij de meting

$$w = 2 \pi f = 2 \pi \cdot 1.000$$

Zoals reeds is verklaard bedraagt de stroom door de primaire spoel:

$$I = \frac{E_0}{R_3 + R_V}$$

Men krijgt dus nu voor E_V :

$$E_V = I \cdot w \cdot m$$

$$E_V = E_0 \cdot \frac{w \cdot m}{R_3 + R_V}$$

De spanning E_V is 90° t.o.v. I verschoven. Daar I in phase is met E_0 , is dus E_V ook 90° verschoven t.o.v. E_0 .

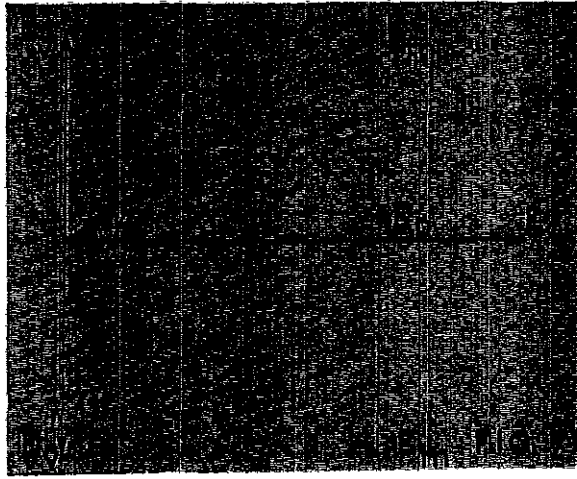
Rest nu nog de vraag in welke richting E_V 90° verschoven is. Bekijkt men daartoe nogmaals de variometer. De opgewekte spanning in de tweede spoel zal het grootst zijn, indien de tweede spoel het veld van de eerste zoo volledig mogelijk omvat. Dit is het geval indien beide vlakken van de spoelen samenvallen. Gaat men nu de tweede spoel draaien, dan zal E_V afnemen totdat ze tenslotte nul wordt, als de beide vlakken van de spoelen loodrecht op elkaar staan. Immers dan omvat de tweede spoel in 't geheel geen veld meer. Draait men de spoel nu verder, dan neemt E_V weer toe maar in omgekeerde richting.

De richting van de verschuiving van 90° van E_V t.o.v. E_0 is dus afhankelijk van de stand van de variometer. Hierop moet dus tijdens de meting wel degelijk gelet worden.

Beschouwt men nu het schakelschema van het meetinstrument (zie fig. 5), dan kan men zonder moeite zien, dat de eindspanning E_m gevormd wordt door de spanningen E_p en E_V .

E_p is steeds in phase met E_0 , terwijl E_V $\pm 90^\circ$ in phase verschoven is t.o.v. E_0 .

In vectordiagram voorgesteld wordt dit:



De grootte van E_m resp. E_m' laat zich nu gemakkelijk berekenen:

$$E_m^2 = E_p^2 + E_v^2 = E_0^2 \left\{ \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)^2 + \left(\frac{w.m.}{R_3 + R_v} \right)^2 \right\}$$

$$E_m = E_0 \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)^2 + \left(\frac{w.m.}{R_3 + R_v} \right)^2}$$

De phasehoek φ volgt uit:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_v}{E_p} = E_0 \cdot \frac{w.m.}{R_3 + R_v} : E_0 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{w.m. (R_1 + R_2)}{R_2 (R_3 + R_v)}$$

Daar E_p steeds in phase is met E_0 , is het zonder meer duidelijk, dat E_m slechts variabel is over 180° en wel van 0° tot 90° en van 270° tot 0° .

De meting van het verticaal get. komt nu hierop neer, dat de spanning E_m precies gelijk gemaakt wordt met de in het meetpunt optredende spanning.

Voeden we nu de schakeling, de rivier-de lck voorstellende, eveneens met de spanning E_0 , dan kunnen we met het meetinstrument zoals het nu geschakeld is, slechts phase-

verschuivingen meten van 0° tot 90° en van 270° tot 0° .

Vertoont nu de spanning in het meetpunt een phase-verschuiving t.o.v. E_0 , die tusschen 90° en 270° inligt, dan kan E_m zoodoende, wat de phase betreft, nooit de juiste waarde gegeven worden.

Om deze reden wordt de schakeling van de Lek niet direct gevoed door de spanning E_0 , maar gaat deze spanning via het volgende instrument:

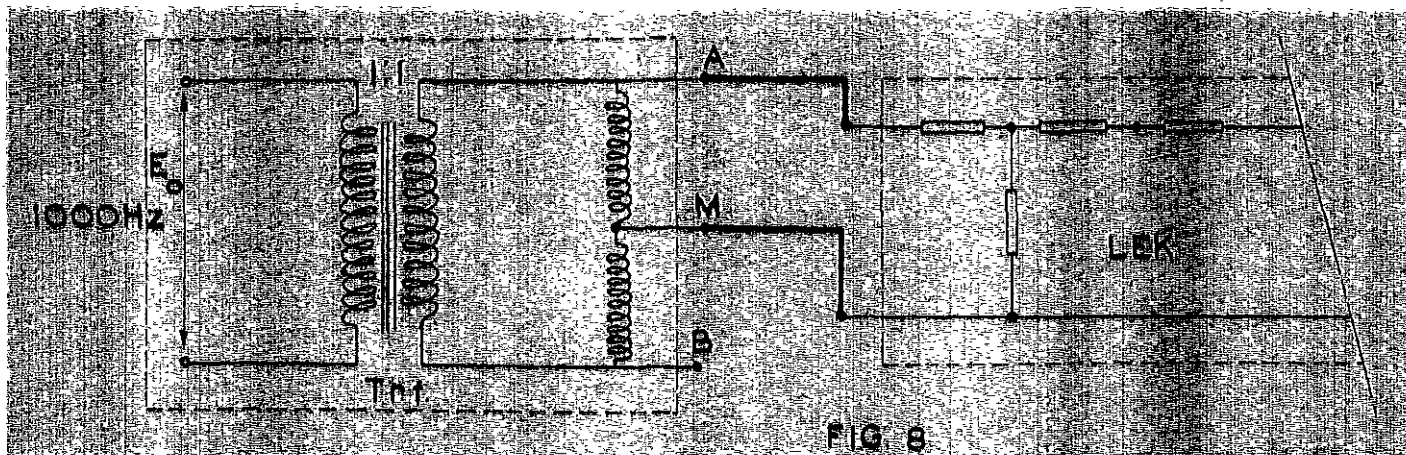


FIG. 8

Dit instrument bestaat uit een transformator Trf. met overzetverhouding 1 : 1. De secundaire zijde van de transformator is verbonden met de z.g. hoog-symmetrische spoel. Deze spoel is n.l. uitgevoerd in twee deelen, die achter elkaar geschakeld zijn. Deze twee deelen zijn volkomen gelijk aan elkaar gemaakt. Daar de overzetverhouding van de transformator 1 : 1 is, is de secundaire spanning gelijk aan de primaire, in bovenstaand geval is E_0 .

Tusschen de punten A en B, zijnde de uiteinden van de symmetrische spoel, staat dus ook een spanningsverschil E_0 . Deze spanning wordt nu door de twee gelijke deelen van de spoel precies in twee gelijke deelen gesplitst, zoodat het spanningsverschil tusschen M en A volkomen gelijk is aan het spanningsverschil tusschen M en B en gelijk is aan de helft van E_0 .

Aileen de spanning M A is precies 180° verschoven t.o.v. de spanning M B.

Het punt M wordt nu met de "onderzijde" van de "rivier-schakeling" verbonden. Door nu de "bovenzijde" van de "rivier" aan te sluiten op A of B, kunnen we deze schakeling voeden met een spanning $\frac{1}{2} E_0$ die of in phase is met E_0 of 180° verschoven is t.o.v. E_0 .

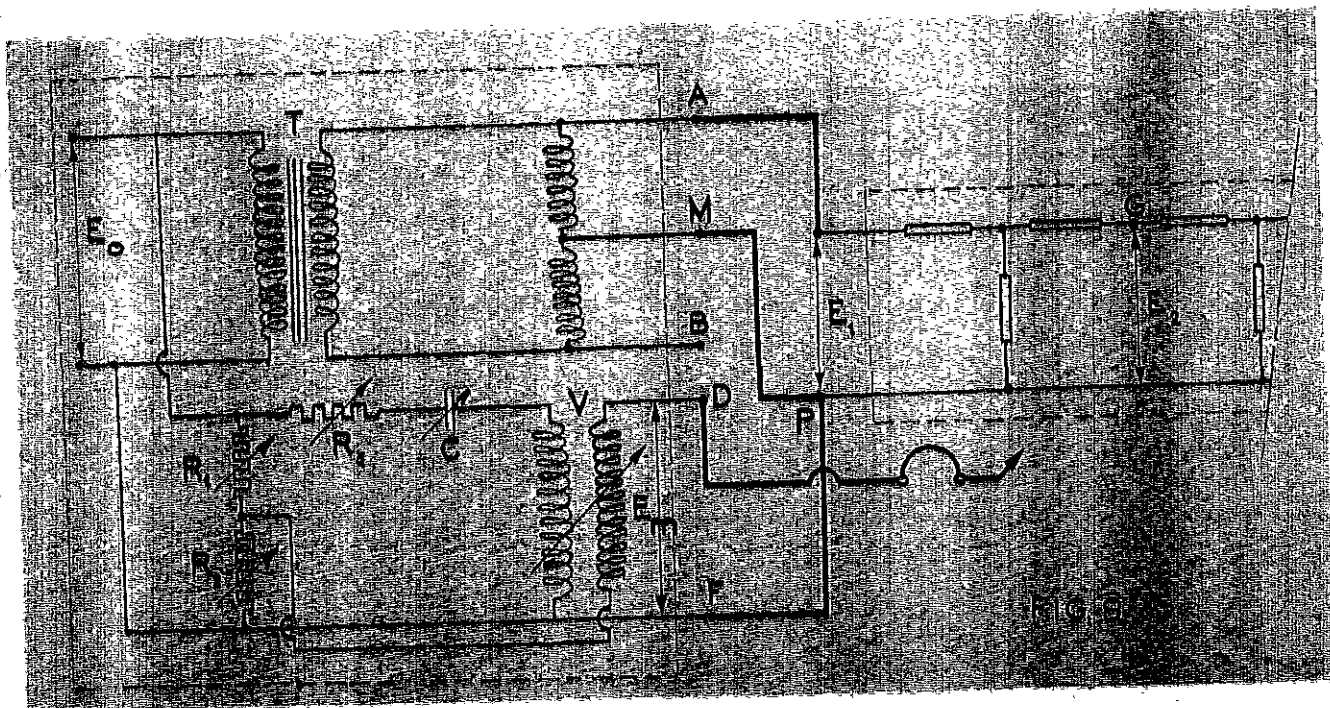
Dit nu maakt het mogelijk met het ontwikkelde meetsysteem ook spanningen te meten die t.o.v. E_0 een faseverschuiving vertoonen, die ligt tusschen 90° en 270° .

Immers vertoont nu een meetpunt in de schakeling een faseverschuiving t.o.v. E_0 , die grooter is dan 90° maar kleiner dan 270° , dan verminderen (of vermeerderen) we deze verschuiving met 180° , door de schakeling met de spanning M B te voeden in plaats van de spanning M A. Hierdoor komt men weer binnen de grenzen van het meetbereik van het meetsysteem.

Opmerking.

In het systeem transformator-symmetrische speel treedt natuurlijk een spanningsverlies op, zoodat de spanningen M A en M B niet geheel $\frac{1}{2} E_0$ zullen zijn. De procentuële fout is echter zoo gering, dat ze verwaarloosd kan worden. Ook treedt tengevolge van de ijzerverliezen in de transformator een kleine faseverschuiving op. Deze verschuiving is in het laboratorium vastgesteld op $-1^\circ 40'$. Bij de berekening, moet deze correctie in aanmerking genomen worden.

Het definitieve meetschema wordt nu als volgt:



De onderzijde van de rivierschakeling is een enkele draad. De draad heeft dus overal dezelfde potentiaal.

Deze draad wordt nu verbonden met het punt M van de symmetrische spool en met het punt F.

Het punt F is op haar beurt weer direct verbonden met de onderzijde van de spanning E_0 . Al deze punten hebben dus dezelfde potentiaal, zonden b.v. allen geaard kunnen worden.

Het punt A (eytl B) wordt verbonden met de bovenzijde van de rivierschakeling. De rivier wordt dus gevoed met een spanningsverschil $\frac{1}{2} E_0$ t.o.v. het gemeenschappelijke punt P.

Deze spanning zal in 't vervolg E_1 genoemd worden. Tusschen de punten F en D heerscht een spanningsverschil E_m , dat eveneens t.o.v. het gemeenschappelijke punt P gemeten wordt.

Tenslotte zal ook het punt G, zijnde het eerste meetpunt op de rivier, een zekere spanning hebben t.o.v. P, het spanningsverschil E_2 .

Wanneer nu tusschen de punten D en G een telefoon aangesloten wordt, zal indien E_m en E_2 niet precies even groot zijn, een geluid in de telefoon ontstaan. Men kan nu E_m met behulp van R_1 , R_2 , R_3 en V zoodanig regelen, dat de telefoon geluidloos wordt. Op dat moment zal E_m , zoowel in grootte als in phase, nauwkeurig gelijk zijn aan E_2 . De grootte en phase van E_m en dus ook van E_2 t.o.v. E_0 (resp. $\frac{1}{2} E_0$) kan nu berekend worden.

Dit laatste is alleen dan juist, indien bekend is welke richting de spanning E_1 t.o.v. E_0 heeft en bovendien wanneer men weet welke richting E_v , die opgewekt wordt in de spoel van de variometer, heeft.

Nu zal een deskundige in vele gevallen wel vooruit kunnen schatten hoe groot de te verwachten faseverschuiving zal zijn en daaruit zijn conclusies trekken wat betreft de richtingen van bovengenoemde spanningen.

Is dit niet het geval, dan doet men het beste eerst een meting te verrichten op een element waarvan men weet, hoeveel dit de opgelegde spanning in phase doet verschuiven.

Voorbeeld van het meten en berekenen van het verticaal getal in het punt Streefkerk.

De telefoon wordt aangesloten tusschen de punten D en het knooppunt tusschen Vak I en vak II.

De ingangsspanning $E_1 = \frac{1}{2} E_0$ wordt afgetakt van de punten M en A. Bekend is, dat dan E_1 in phase is met E_0 .

Met de weerstanden R_1 , R_2 , R_3 en met de variometer V wordt zoo lang gemanoevreerd tot de telefoon geluidloos is.

De variometerschaal is verdeeld in 100 schaaldeelen.

Bij het schaaldeel 50 staan de spoelen \perp elkaar, zal er dus in de tweede spoel geen E.M.K. geïnduceerd worden. Van 0 - 50 schaaldeelen wordt bij de 3de proef een E.M.K. geïnduceerd, die 90° bij E_0 naait, en van 50 - 100 schaaldeelen een E.M.K. die 90° bij E_0 voorbijt.

Daar de grootte van E_v , behalve door verdraaiing van de variometer, ook regelbaar is met R_3 , doet men het beste de variometer steeds op een vast punt beneden of boven de 50 schaaldeelen (al naar behoefte) in te stellen. Deze punten kiezen men zoo, dat de afleesfout van de waarde m vanaf de bij de variometer behorende grafiek, zoo gering mogelijk is. Bij de proef werden de standen 20 en 80 schaaldeelen genomen.

Voor het punt Streefkerk werden nu, bij een meetfrequentie van 1.000 Hz. de volgende waarden gevonden:

E_1 wordt afgenomen van de klemmen M en A

$$R_1 = 1.000 \Omega$$

$$R_2 = 638,0 \Omega$$

$$R_3 = 456 \Omega$$

$$R_v = 21 \Omega$$

Variometer 80 schaal, bijbehorende $m = 9,15$ m.H.

Berekening.

Grootte van E_m .

$$E_m = E_0 \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)^2 + \left(\frac{w \cdot m}{R_3 + R_v}\right)^2}$$

$$m = 9,15 \text{ m.H.} = 9,15 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$w = 2 \pi f = 2 \pi \cdot 10^3$$

$$w \cdot m = 2 \pi \cdot 10^3 \times 9,15 \cdot 10^{-3} = 57,5 \Omega$$

$$E_m = E_0 \sqrt{\left(\frac{638}{1.000 + 638}\right)^2 + \left(\frac{57,5}{456 + 21}\right)^2}$$

$$E_m = E_0 \sqrt{0,1657} = \underline{\underline{0,407 E_0}}$$

Nu is:

$$E_m = E_2 \quad \text{en} \quad E_o = 2 E_1$$

Hieruit volgt; dat

$$E_2 = 2 \times 0,407 E_1 = 0,814 E_1$$

Bij de berekening van "de Lek" is uitgegaan van een ingangsspanning van 6,81 Volt, overeenkomende met 0,681 m waterhoogte. (zie het reeds meer genoemde rapport van den Heer H.J. Strobant).

Indien $E_1 = 6,81$ Volt wordt:

$$E_2 = 0,814 \times 6,81 = 5,54 \text{ V.}$$

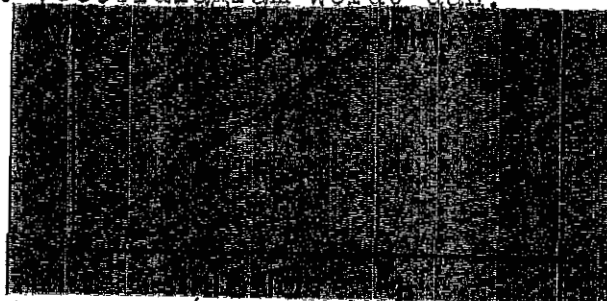
Dit komt overeen met:

$$\varphi = 0,554 \text{ m}$$

Berekening van de hoek φ

De variometer wijst 80 schaaldeelen aan, in de spoel wordt een E_v opgewekt, die 90° bij E_o voorligt.

Het vectordiagram wordt dan:



$$\text{tg } \varphi = \frac{(R_1 + R_2) \times 10 \text{ m}}{R_2 \times (R_3 + R_4)} = \frac{1638 \times 57,5}{638 \times 477}$$

$$\varphi = 17^\circ 11'$$

Rest nu nog de vraag of E_1 in phase is met E_o .

Daar E_1 van de klemmen A en M afgenomen wordt, is dit inderdaad het geval.

Met in acht name van de phaseverschuiving die in de transformator optreedt vindt men nu:

$$\text{Phase } \varphi = 17^\circ 11' - 1^\circ 40' = 15^\circ 31'$$

De hieronder volgende tabel vermeldt de verkregen meetresultaten b., opname van het verticaal getij.

Meetpunt	E ₁ afgenomen van	Variometer		R ₁ Ω	R ₂ Ω	R ₃ Ω	R _v Ω
		schaald	m				
Streefkerk	A-M	80	9,15mH	1000	638.0	456	21
Schoonhoven	A-M	80	9,15mH	1300	388.5	303	21
Jaarsveld	A-M	80	9,15mH	5000	220.0	416	21
Vreeswijk	B-M	20	9,00mH	8000	183.0	990	21
Culemborg	B-M	20	9,00mH	10000	196.8	8800	21

Na verwerking worden de volgende resultaten gevonden voor $\bar{\eta}$ en phase $\bar{\eta}$

Meetpunt	$\bar{\eta}$ in m	phase
Krampen	0,681	0
Streefkerk	0,554	15° 31'
Schoonhoven	0,395	35° 58'
Jaarsveld	0,188	70° 34'
Vreeswijk	0,082	113° 28'
Culemborg	0,027	163° 18'

Het meten en berekenen van het horizontaal getij.

Het meten van het horizontaal getij komt neer op het meten van de stroomsterkte, zoowel naar grootte als naar phase, in de diverse meetpunten.

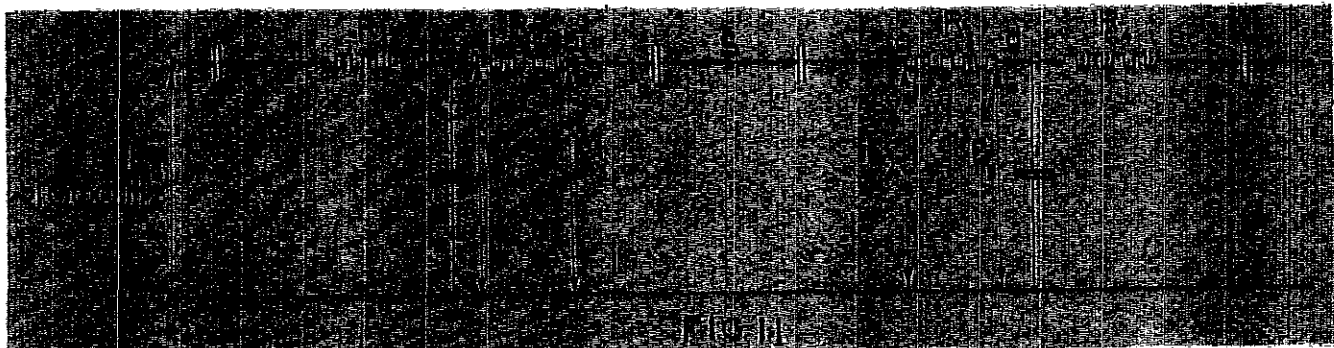
De stroommeting is terug te brengen tot een spanningsmeting. Immers kan men van een Ohmsche weerstand, die stroom voert, de spanning aan het begin en de spanning aan het einde opmeten.

Door deze spanningen van elkaar af te trekken verkrijgt men het spanningsverlies e . Volgens de wet van Ohm is nu:

$$e = I.R, \text{ waaruit } I \text{ te berekenen is.}$$

Indien de weerstand zuiver Ohmsch is, zal de phase van e gelijk zijn aan de phase van I . Is dus phase e te berekenen, dan is ook phase I bekend.

Beschouwt men nu van de schakeling b.v. de eerste 2 secties (fig. 10).



Gemeten moet nu worden de stroom in het meetpunt S . Daar zich tusschen het punt S en de weerstand R_2 geen aftakking bevindt, zal door R_2 dezelfde stroom vloeien als door punt S . Worden nu de spanningen E_2 en E_3 gemeten, dan kan, daar de grootte van R_2 bekend is, de grootte en phase van I berekend worden.

Hetzelfde geldt voor de weerstand R_3 , waar dus een contrôle meting uitgevoerd kan worden. Dit is dan ook bij deze proef gebeurd.

Het spreekt vanzelf, dat voor deze metingen hetzelfde instrumentarium gebruikt wordt, als dat, wat gebruikt is ~~is~~ bij de metingen van het verticaal getij.

Voorbeeld van het meten en berekenen van de stroom in

het punt Streefkerk.

Het meten komt hierop neer, dat de spanning E_m vergeleken wordt met de spanningen E_2 en E_3 (zie fig. 9 en 10). De telefoon wordt daartoe resp. verbonden met de punten a en b. Voor de controlemeting zijn deze spanningen E_4 en E_5 en de aansluitpunten c en d.

Voor punt a wordt nu gevonden:

E_1 wordt afgenomen van de klemmen A en M

$$R_1 = 1400 \Omega$$

$$R_2 = 1091,5 \Omega$$

$$R_3 = 644 \Omega$$

$$R_v = 21 \Omega$$

Variometer 80 schaaldeelen, bijbehorende $m = 9.15$ mH

$$E_m = E_0 \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)^2 + \left(\frac{w \cdot m}{R_3 + R_v}\right)^2}$$

$$E_m = E_0 \sqrt{\left(\frac{1091,5}{2491,5}\right)^2 + \left(\frac{2 \pi \cdot 10^3 \cdot 9,15 \cdot 10^{-3}}{665}\right)^2} = 0,446 E_0$$

$$E_m = E_2 \quad \text{en} \quad E_0 = 2 E_1$$

Neemt men nu voor E_1 een spanning van 6,81 V dan wordt:

$$E_2 = 2 \times 0,446 \times 6,81 = 6,05 \text{ V}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(R_1 + R_2) w \cdot m}{R_3 (R_3 + R_v)}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2491,5 \times 57,5}{1091,5 \times 665}$$

$$\log \operatorname{tg} \varphi = 9,29447 - 10$$

$$\varphi = 11^\circ 9'$$

Nu de correctie van $-1^\circ 40'$ wordt:

$$\varphi = 9^\circ 29''$$

Voor punt b wordt gevonden:

E_1 afgenomen van A - M

$$R_1 = 900 \Omega$$

$$R_2 = 578,3 \Omega$$

$$R_3 = 444 \Omega$$

$$R_v = 21 \Omega$$

Variometer 80 schaaldiv. $m = 9,15$ mH., $w.m = 57,5$: : :

$$E_m = E_0 \sqrt{\left(\frac{578,3}{14.78,3}\right)^2 + \left(\frac{57,5}{465}\right)^2} = 0,41 E_0$$

$$E_3 = 2 \times 0,41 E_1$$

Voor $E_1 = 6,81$ V ingevuld wordt:

$$E_3 = 5,59 \text{ V}$$

$$\text{tg } \phi = \frac{1478,3 \times 57,5}{578,3 \times 465}$$

$$\log \text{tg } \phi = 9,49983 - 10$$

$$\phi = 17^\circ 33''$$

Na correctie van $-1^\circ 40'$ wordt:

$$\phi_3 = 15^\circ 53''$$

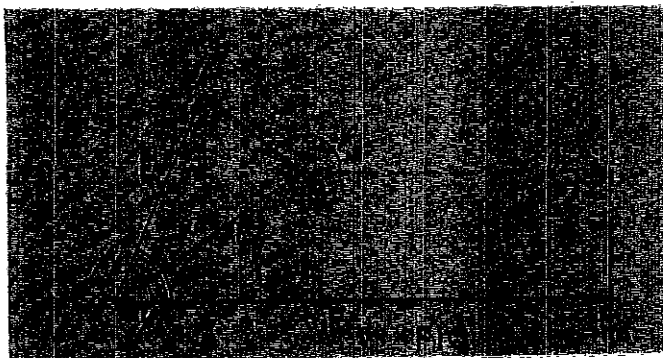
Men kan nu de spanningen E_2 en E_3 in een vectordia-gram voorstellen.

Bij beide metingen wordt E_1 van de klemmen A - M afgenomen d.w.z. in beide gevallen is E_1 in phase met E_0 .

Bij beide metingen wijst de variometer 80 schaaldeelen aan. E_v is dan naar boven gericht.

Hieruit volgt, dat de spanningen E_2 en E_3 beide in het 1ste kwadrant liggen.

Men krijgt dus:



e en zijn nu als volgt te berekenen:

$$e^2 = E_2^2 + E_3^2 - 2 E_2 E_3 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)$$

$$E_2 = 6,05 \text{ V} ; E_3 = 5,59 \text{ V} ; \varphi_3 - \varphi_2 = 60^\circ 24'$$

$$e = 6,05 + 5,59 - 2 \cdot 6,05 \cdot 5,59 \cos 60^\circ 24' = 0,650$$

$$e = 0,806 \text{ V}$$

Wu is: $e = I \cdot R_2$

$$I = \frac{e}{R_2} \text{ Amp} = \frac{e}{R_2} \cdot 10^3 \text{ m.A.}$$

In het begin van dit verslag is betoogd, dat de impedanties 10 maal groter zijn gemaakt. Het gevolg zal zijn, dat de stroom 10 maal te klein zal worden.

Volgens het rapport van den Heer H.J. Stroband is de eenhedenkeuze zoodanig gesteld dat:

$$1 \text{ m.A} \neq 100 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Om ω te verkrijgen moet dus de gevonden elektrische stroomsterkte in mA met 10^3 vermenigvuldigd worden.

Dus:

$$\omega = 10^6 I = \frac{e}{R_2} \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Hierin staat dus I in ampères.

Voor e is gevonden $e = 0,806 \text{ V}$

R_2 heeft een waarde van 2790Ω (zie bijlage)

Voor Streefkerk wordt dan:

$$= \frac{0,806}{2790} \cdot 10^6 = 288 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Rest nu nog de berekening van φ_e resp. phase ω

Uit het vectordiagram blijkt dat:

$$\varphi_e = \varphi_2 + (\varphi_3 - \varphi_2) + 2A = \varphi_3 + 2A$$

De hoek A is berekend met behulp van de formule

$$\frac{a-b}{a+b} = \frac{\text{tg } \frac{1}{2}(A-B)}{\text{tg } \frac{1}{2}(A+B)}$$

Hierin is $a = E_2$

en $b = E_3$

$$\frac{1}{2}(A+B) = \frac{1}{2} \{ 180^\circ - (\varphi_3 - \varphi_2) \}$$

Te berekenen is nu $\frac{1}{2}(A-B)$ en wel:

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B) = \frac{E_2 - E_3}{E_2 + E_3} \quad \operatorname{tg} \frac{1}{2}(A+B)$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B) = \frac{6.05 - 5.59}{6.05 + 5.59} \quad \operatorname{tg} 86^\circ 48'$$

$$\log \operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B) = 9,84933 - 10$$

$$\frac{1}{2}(A-B) = 35^\circ 15'$$

$$\frac{1}{2}(A+B) = 86^\circ 48'$$

+

$$A = 122^\circ 3'$$

Dus wordt nu:

$$\varphi_e = \text{phase } \tau = \varphi_s + A = 15^\circ 53' + 122^\circ 3' = 137^\circ 56'$$

Meetresultaten bij opname van het horizontaal getij.

Al de verkregen meetresultaten zijn verzameld in onderstaande tabel.

Meetpunt	punt	aange- sloten op	Variometer schaald.	in m.H.	R_1	R_2	R_3	R_V		
Krimpen	a	A-M	20	9.0	1000	979	20000			
	b		80	9.15	1400				1091.5	644
Streefkerk	a	A-M	80	9.15	1400	1091.5	644			
	b		80	9.15	900				578.3	444
	c		80	9.15	1100				667.0	523
	d		80	9.15	1600				653.7	309
Schoonhoven	a	A-M	80	9.15	1600	653.7	309			
	b				2000				608.7	282
	c				2000				581.0	336
	d				2000				369.5	299
Jaarsveld	a	A-M	80	9.15	4000	278.8	366			
	b				4350				179.9	393
	c				5000				243.0	455
	d				3000				35.5	514
Vreeswijk	a	B-M	20	9.0	10000	210.0	795			
	b				5000				140.0	947
	c				5000				87.0	1050
	d				10000				249.3	1347
Culemborg	a	B-M	20	9.0	8000	164.9	5650			
	b				8000				158.0	8800
	c				10000				167	8300
	d				10000				160	28000

voor de gehele meting = 210

De uit deze meetgegevens berekende resultaten zijn:

Meetpunt	$\sqrt{m^3/sec.}$	phase $\sqrt{}$	$\sqrt{gem.m^3/sec}$	phase $\sqrt{gem.}$
Krimpen	527	122° 53'	527	122° 53'
Streefkerk	288 289	137° 56' 140° 37'	288.5	139° 16'
Schoonhoven	149 152	163° 163° 17'	150.5	163° 08'
Jaarsveld	58.5 57	200° 13' 198° 26'	58	199° 24'
Vreeswijk	20 21.4	240° 241° 41'	20.7	240° 50'
Gulemborg	5.4 5.7	280° 285°	5.5	282° 30'

den Haag, Winter 1944/45

de Opzichter

G. P. M. B.

Uw kenmerk _____

Ons kenmerk _____

Datum _____

Onderwerp _____

Gaachte Heer Strobant

Reeds meer dan eens ben ik gestruikeld
over de moontgeit, waarbij om onze auteurs
wordt verlangt, dat ze hun geschriften eerst aan
hun onmiddellijke chef ter beoordeling moeten
sturen en bovendien nog de toestemming nodig
hebben van de D. G. Waarp berust dat toch?

Ik zelf doe het nooit en ook wijzen alle
schrijvers in Oker / Orgaan techn. aml. Rijkswaterstaat) doen het voor zover ik weet, niet.

De enige aanwijzing waarop die regeling
gebaseerd kan zijn, is dat van 14 Dec.
1933 van de Dienst van de Waterstaat. Maar
bij bestudering van die aanwijzing kan ik
toch moeilijk daaraan concluderen, dat
ook artikelen van algemeen-technische strekking
'gecensureerd' zouden moeten worden.

Dat iemand zijn artikel beleeft,
herdohalve (of om teken te zijn dat hij
niet iets verheelt dat onjuist is) aan

zijn directe chef ter inzage zend, is
iets anders: iets van persoonlijke sprakking
Dat het moet en dat de D.G. in alle
gevallen toestemming moet verlenen, kan
ik niet vinden.

Het is mij al ^{gebeurd} ~~toesproken~~, dat de chef van
een medewerker geen toestemming wilde
verstrekken, voor dat hij zelf over het te
beredigen artikel in de Tijdschrift had
geschreven. U weet, dat de redactie van
P.T. daar niet accoord mee kan. F

Vooral om de laatste reden wilde ik
U vragen eens te willen informeren op
welke grond de controle of censuur
(of hoe U het noemen wilt) wordt geïcht.

Het kan zijn, dat er nog een lokale
aanwijzing bestaat, die deze materie
anders en algemener regelt.

Wilt U dit eens nagaan. Ik acht het
van veel belang. Bij ontbreken mijn
hartelijke dank

Mit vriendelijke groeten

of beter gezegd, dat daardoor Winn
P.T. mogelijk nu actueel kan zijn als het vraag
zou zijn.

Aan de Redactie van de "Ingenieur",
Prinsessegracht 23,
's-Gravenhage.

Mijne Heeren,

Met aandacht heb ik Uw brief van 18 Jan. 1947, naar aanleiding van het artikel "Een bijdrage tot de kennis der getijbeweging op benedenrivieren en zeearmen", gelezen en de door U geopperde mogelijkheden en aanmerkingen overwogen.

Allereerst Uw opmerking, om den term A_1 weg te laten en te vervangen door een term met A_0 . Wel zal een nog iets betere benadering van de "stroom-spanningskarakteristiek" worden verkregen, doch hier staat tegenover, dat de toevoeging van den term A_0 's het benodigde rekenwerk sterk doet toenemen en wel zoodanig, dat ze in geenerlei verhouding staat tot de te verkrijgen verbeteringen. Daar de grootste afwijkingen voorkomen in de omgeving van het punt (0,0) (kenteringspunt), heeft de toevoeging nagenoeg geen beteekenis, daar juist bij het nul worden van den stroom, de vershellingsterm $\frac{d^2s}{dt^2}$ overweegt.

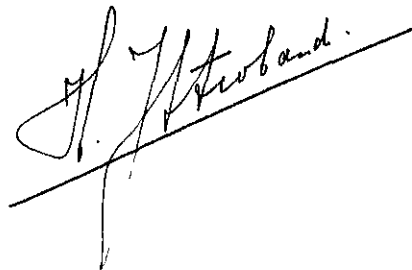
Daar het niet mogelijk is, de lange formules voor de weerstandscoëfficiënten in een algemeene formule met lettercoëfficiënten weer te geven, leek het mij meer gewenscht de belangrijkste weerstandscoëfficiënten grafisch voor te stellen, met toevoeging van de gevonden analytische uitdrukkingen.

Bovendien leek het mij bij nader inzien beter, meer de nadruk te leggen op de praktische beteekenis van de in dit artikel ontwikkelde methode, hetgeen tot uiting komt in fig.7 en fig.8.

Om het artikel zoo kort mogelijk te houden, werden de becijferingen van de weerstandstermen afzonderlijk weggelaten en werden alleen de resultaten van de becijferingen van het gekozen voorbeeld vergeleken met de uitkomsten van de harmonische analyse volgens het rekenschema van Runge.

Tenslotte werd een onvertakte tijrivier doorgerekend, waarvoor de Lek werd gekozen en wel de z.g. 2e periode, welke in het proefschrift van Mazure voorkomt. De resultaten zijn vermeld in de tabel op blz. 9.

In de hoop, dat het artikel beter leesbaar is geworden en niet aan duidelijkheid heeft ingeboet, verblijf ik met de meeste hoogachting,



Geachte Heer Visser,

Hierbij zend ik U eindelijk het artikel, waarover we reeds verschillende malen corresponderden, toe. Het artikel heeft de goedkeuring van de thans wegende heer van de Directie van de Waterstaat, nadat er nog geen bezetselen, meer zijn tot publicatie over te gaan.

Ik zou willen zien dat het artikel in de nummer opgenomen wordt. Nadat U het bestudeert heeft of U van Uw medewerkers, zoudt graag Uw mening over het artikel vernemen, en of het geschikt is voor publicatie in het Polytechnisch tijdschrift.

Bovendien zou ik graag van U de financiële beloning en vernemen. Calques behorende de fig. en tekeningen zijn tot hure beschikking, welke ik indien U het publiceert moet behouden, omzondeligh me toezendes. Graag houd ik U dank de copy terug.

Aan

den Heer

J. A. Visser

V. Prinselaan 25
Amsterdam

Thyssen

H. J. Thissen

Koninklijk Instituut van Ingenieurs

i-Gravenhage - 23 Prinsessegracht

Telefoon 117692 - Giro 9995

Telegramadres: Koninsting

Afschrift.

Datum 12 Mei 1947

No. Spr/O.

Den Heer H.J. Stroband,
Bureau Directie Rijkwaterstaat,
van Hogenhoucklaan 60,
's-Gravenhage.

Hierbij bericht ik U de goede ontvangst van Uw brief van 21 Maart 1947 met het door U omgewerkte artikel: "Een bijdrage tot de kennis der getijbeweging op benedenrivieren en zeearmen".

Naar mijn mening heeft het artikel door de nieuwe bewerking zeer veel aan overzichtelijkheid gewonnen, terwijl het rekenvoorbeeld, aan de Lek ontleend, de praktische bruikbaarheid der benadering van de beide parabolhelften door een machtreeks duidelijk doet uitkomen.

Ik zeg U dank voor de door U ter zake genomen moeite; t.z.t. zal tot plaatsing in de afdeling "Bouw- en Waterbouwkunde" van "De Ingenieur" worden overgegaan.

nms.den Hoofdredacteur,

w.g. J.J.I. Sprenger.

Koninklijk Instituut van Ingenieurs

i-Gravenhage - 23 Prinsessegracht

Telefoon 117692 - Giro 9995

Telegramadres: Koninsting

Datum 12 Mei 1947

No. Spr/O.

Den Heer H.J. Stroband,
Bureau Directie Rijkswaterstaat,
van Hogenhoucklaan 60,
's-Gravenhage.

Hierbij bericht ik U de goede ontvangst van Uw brief van 21 Maart 1947 met het door U omgewerkte artikel: "Een bijdrage tot de kennis der getijbeweging op benedenrivieren en zeearmen".

Naar mijn mening heeft het artikel door de nieuwe bewerking zeer veel aan overzichtelijkheid gewonnen, terwijl het rekenvoorbeeld, aan de Lek ontleend, de praktische bruikbaarheid der benadering van de beide parabooldelven door een machtreeks duidelijk doet uitkomen.

Ik zeg U dank voor de door U ter zake genomen moeite; t.z.t. zal tot plaatsing in de afdeling "Bouw- en Waterbouwkunde" van "De Ingenieur" worden overgegaan.

nms.den Hoofdredacteur,



Dordrecht 13-5-47
Bellionstr. 17 rook

Uw gezachte Uen Stroband
dit schrijven werd mij abusievelijk
toegezonden. Mocht het aan mij gericht
schrijven in Uw bezit zijn geacht, wil dan
nog vriendelijk zijn het aan mij te zenden aan
het zand adres Hoopvlietweg 111, Heerwart

Vakredactie afd. _____

Correspondentie-adres _____

Uw kenmerk

J.A. Visser

Ons kenmerk

V. Prümelaan 85

Datum

Arnhem

Onderwerp

Arnhem, 8/11/47

Geachte Collega

Enige tijd geleden schreef u mij, dat u
afgezien van een artikel Gerard zouwt maken
wanneer de analogie werd behandeld
tussen waterstroom en kabeltelegrafie
Ik weet niet meer of ik daarop al
het antwoord heb gegeven. Gaat het nog door?
En tegen welke tijd denkt u het artikel
geraad te hebben.

U geeft mij een plezier door mij even
tijd te schenken, want het is wel prettig
bijdragen te maken wat er nog op stapel
staat.

Mij verbast nog bedankt voor uw
medewerking.

Met beste groeten
Visser

P.S. Mijn compliment over het artikel in de Ingenieur

Vakredactie afd.

Vakredactie afd.

Correspondentie-adres

Keel. Prinselom 85

Uw kenmerk

Amhem, 5/9/47

Ons kenmerk

Datum

Onderwerp

Geachte Heer Hobans.

Uw brief van de 3^e September is dank
ontvangen. Wij hebben liever een goed
opgezet artikel dan een in alweer
jufflandot verhaal, zodat ik direct
accours ja met Uw voorstel om eind af
te wachten tot welke resultaten de
Studie dienst komt. Wat betreft de
bestemming van de D.P.: Ik moet de
betreffende aanschrijving eens nasaeken
want ik meen dat het die speciaal
betreffende heeft op den Waterland
uitgewerkte werken enz. Natuurlijk hand
te fatsoenshaler niet over iets een
schrijven, voor Uw eigen dienst moment,
het ambtelijk mee is bevestigd. Maar
ik heb het idee dat aan die aanschrijving
een bieder wittig wordt gegeven dan er

in is neergelgd.

Wat Uw voorstel betreft om een artikel te schrijven over de analogie tussen de waterbeweging en de kabeltelegrafie vernam ik nog gering iets maters. Bedoelt U, dat er een overeenkomsting bestaat tussen waterbeweging en elektrische strooming. Dat is vrij algemeen bekend en als U op dat punt niet iets bijzonders heeft te vertellen, zou ik zeggen: laat dat achterweg. Omdat U echter speciaal kabeltelegrafie noemt, denk ik, dat U wel iets te vertellen heeft wat niet algemeen bekend is.

Daarom ontving ik ~~u~~ geringe eest even een globaal idee, wat u zich voorstelt te bespreken. Dat kan heel kort zijn; ik bedenk dat ook meer en puntgewijze aanduiding van Uw artikel. Dit vooral om eventuele latere discussies wederzijds te besparen. Immiddels met dank voor de biloxige medewerking

Met menigv. groeten
T. M. Sines

Vakredactie afd. _____

Correspondentie-adres _____

Uw kenmerk

Ons kenmerk

Datum

Onderwerp


Arnhem, 10 December '47

Grachte Heer Strobant.

Hopelijk ontving ik van de Redactie
van het ~~PT~~ P.T. een alarmsein

Wij zijn namelijk op het ogenblik zo
ver door de copy Waterbouwbeheer heen,
dat we niet weten hoe het tweede
nummer van P.T. 1948 vol te krijgen.

Omdat ik mij schreef (op 18 Nov.) dat
ik uw artikel binnentertse gereed zoudt
hebben, hoop ik, dat ik het mij
nog bij tijd zal kunnen toesharen
om het ook goed te gebruiken.

Met vriendelijke groeten


Moed ik misschien nog iemand
andere warm kunnen maken om aan P.T.
mee te helpen, dan houd ik mij voor
uw medewerking aanbevolen.

Koninklijk Instituut van Ingenieurs
's-Gravenhage - 23 Prinsessegracht

Telefoon 117692 - Giro 9995

Spr/G.

Telegramadres: Koninsting

's-Gravenhage, 18 Januari 1947.

Den Heer H.J. Stroband,
Assistent van den Studiedienst van den
Rijkswaterstaat,
van Hogenhoucklaan 60,
's-Gravenhage,

Geachte Heer Stroband,

Met veel genoegen heb ik Uwe studie over de Getijbeweging op de benedenrivieren doorgezien. Ik vind de door U gevonden oplossing, om den kwadratischen term te vervangen door een machtreeks met oneven exponenten, vernuftig, en ben ervan overtuigd, dat de op dit gebied deskundige lezers van "De Ingenieur" er met belangstelling van zullen kennismaken.

Allereerst een persoonlijke opmerking. U benadert de functie $/s'/s'$ door een machtreeks met oneven termen. Zou het daarbij geen aanbeveling verdienen, den term met A_1 weg te laten en te vervangen door een term met A_9 ? Daardoor zou worden bereikt, dat de raaklijn in 0 met de X-as samenvalt, zoodat de afwijkingen bij kleine s' -waarden vermoedelijk geringer zullen worden, dan op blz. 20 gevonden.

Vervolgens wat de lezers van "De Ingenieur" betreft. Wij zijn sterk beperkt in onze papiertoewijzing, en moeten dus streven naar korte artikelen. Zou het niet mogelijk zijn, Uwe bedoeling in een korte samenvatting (5-6 pagina's getikt) duidelijk uiteen te zetten, en daarop te laten volgen, een bijlage, waarin U de machtreeks uitwerkt? Deze nadere uitwerking zou dan veel korter moeten worden gemaakt dan in Uw rapport, door den algemeenen berekeningsgang te vermelden, en daarna de verkregen resultaten, echter zonder volledige becijferingen. Zou het niet mogelijk zijn, bijv. de lange formules op blz. 12 en 13 samen te vatten in één algemeene formule met lettercoëfficiënten, en de waarden van deze constanten voor de verschillende partieele getijden in een tabel te geven? Van de lange formules op blz. 15 en 16 zouden alleen die termen kunnen worden vermeld, die van beteekenis zijn (rood onderstreept).

Tenslotte zou het interessant zijn, het in blz. 20 e.v. uitgerekende voorbeeld (vergelijking van harmonische analyse-Runge met Uw methode) in één duidelijke tabel te geven.

Ik hoop, dat U zich de moeite zult willen getroosten, op een dergelijke wijze Uw interessant theoretisch werk in een meer overzichtelijk-

ken, en daardoor gemakkelijker leesbaren, vorm samen te vatten.

Nms.den Hoofdredacteur,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. J. A. van der...' with a long horizontal stroke underneath. The signature is written in a cursive style.

ca. M. J. Jansen.

Bedrijfsingenieur

Nut. Lab. Philips

181. W. 4e weg

Derg. (Duitsland) ± 1934.

Stokholm (Frankr.) Revue de l'Electricité

Factoren (Amerik. d. Engineering) ± 1930 J.

Gen. beider. Renseignements
communiqués par des livres

4. ¹ ² ³ ⁴ ⁵ ⁶ ⁷ ⁸ ⁹ ¹⁰ ¹¹ ¹² ¹³ ¹⁴ ¹⁵ ¹⁶ ¹⁷ ¹⁸ ¹⁹ ²⁰ ²¹ ²² ²³ ²⁴ ²⁵ ²⁶ ²⁷ ²⁸ ²⁹ ³⁰ ³¹ ³² ³³ ³⁴ ³⁵ ³⁶ ³⁷ ³⁸ ³⁹ ⁴⁰ ⁴¹ ⁴² ⁴³ ⁴⁴ ⁴⁵ ⁴⁶ ⁴⁷ ⁴⁸ ⁴⁹ ⁵⁰ ⁵¹ ⁵² ⁵³ ⁵⁴ ⁵⁵ ⁵⁶ ⁵⁷ ⁵⁸ ⁵⁹ ⁶⁰ ⁶¹ ⁶² ⁶³ ⁶⁴ ⁶⁵ ⁶⁶ ⁶⁷ ⁶⁸ ⁶⁹ ⁷⁰ ⁷¹ ⁷² ⁷³ ⁷⁴ ⁷⁵ ⁷⁶ ⁷⁷ ⁷⁸ ⁷⁹ ⁸⁰ ⁸¹ ⁸² ⁸³ ⁸⁴ ⁸⁵ ⁸⁶ ⁸⁷ ⁸⁸ ⁸⁹ ⁹⁰ ⁹¹ ⁹² ⁹³ ⁹⁴ ⁹⁵ ⁹⁶ ⁹⁷ ⁹⁸ ⁹⁹ ¹⁰⁰ ¹⁰¹ ¹⁰² ¹⁰³ ¹⁰⁴ ¹⁰⁵ ¹⁰⁶ ¹⁰⁷ ¹⁰⁸ ¹⁰⁹ ¹¹⁰ ¹¹¹ ¹¹² ¹¹³ ¹¹⁴ ¹¹⁵ ¹¹⁶ ¹¹⁷ ¹¹⁸ ¹¹⁹ ¹²⁰ ¹²¹ ¹²² ¹²³ ¹²⁴ ¹²⁵ ¹²⁶ ¹²⁷ ¹²⁸ ¹²⁹ ¹³⁰ ¹³¹ ¹³² ¹³³ ¹³⁴ ¹³⁵ ¹³⁶ ¹³⁷ ¹³⁸ ¹³⁹ ¹⁴⁰ ¹⁴¹ ¹⁴² ¹⁴³ ¹⁴⁴ ¹⁴⁵ ¹⁴⁶ ¹⁴⁷ ¹⁴⁸ ¹⁴⁹ ¹⁵⁰ ¹⁵¹ ¹⁵² ¹⁵³ ¹⁵⁴ ¹⁵⁵ ¹⁵⁶ ¹⁵⁷ ¹⁵⁸ ¹⁵⁹ ¹⁶⁰ ¹⁶¹ ¹⁶² ¹⁶³ ¹⁶⁴ ¹⁶⁵ ¹⁶⁶ ¹⁶⁷ ¹⁶⁸ ¹⁶⁹ ¹⁷⁰ ¹⁷¹ ¹⁷² ¹⁷³ ¹⁷⁴ ¹⁷⁵ ¹⁷⁶ ¹⁷⁷ ¹⁷⁸ ¹⁷⁹ ¹⁸⁰ ¹⁸¹ ¹⁸² ¹⁸³ ¹⁸⁴ ¹⁸⁵ ¹⁸⁶ ¹⁸⁷ ¹⁸⁸ ¹⁸⁹ ¹⁹⁰ ¹⁹¹ ¹⁹² ¹⁹³ ¹⁹⁴ ¹⁹⁵ ¹⁹⁶ ¹⁹⁷ ¹⁹⁸ ¹⁹⁹ ²⁰⁰ ²⁰¹ ²⁰² ²⁰³ ²⁰⁴ ²⁰⁵ ²⁰⁶ ²⁰⁷ ²⁰⁸ ²⁰⁹ ²¹⁰ ²¹¹ ²¹² ²¹³ ²¹⁴ ²¹⁵ ²¹⁶ ²¹⁷ ²¹⁸ ²¹⁹ ²²⁰ ²²¹ ²²² ²²³ ²²⁴ ²²⁵ ²²⁶ ²²⁷ ²²⁸ ²²⁹ ²³⁰ ²³¹ ²³² ²³³ ²³⁴ ²³⁵ ²³⁶ ²³⁷ ²³⁸ ²³⁹ ²⁴⁰ ²⁴¹ ²⁴² ²⁴³ ²⁴⁴ ²⁴⁵ ²⁴⁶ ²⁴⁷ ²⁴⁸ ²⁴⁹ ²⁵⁰ ²⁵¹ ²⁵² ²⁵³ ²⁵⁴ ²⁵⁵ ²⁵⁶ ²⁵⁷ ²⁵⁸ ²⁵⁹ ²⁶⁰ ²⁶¹ ²⁶² ²⁶³ ²⁶⁴ ²⁶⁵ ²⁶⁶ ²⁶⁷ ²⁶⁸ ²⁶⁹ ²⁷⁰ ²⁷¹ ²⁷² ²⁷³ ²⁷⁴ ²⁷⁵ ²⁷⁶ ²⁷⁷ ²⁷⁸ ²⁷⁹ ²⁸⁰ ²⁸¹ ²⁸² ²⁸³ ²⁸⁴ ²⁸⁵ ²⁸⁶ ²⁸⁷ ²⁸⁸ ²⁸⁹ ²⁹⁰ ²⁹¹ ²⁹² ²⁹³ ²⁹⁴ ²⁹⁵ ²⁹⁶ ²⁹⁷ ²⁹⁸ ²⁹⁹ ³⁰⁰ ³⁰¹ ³⁰² ³⁰³ ³⁰⁴ ³⁰⁵ ³⁰⁶ ³⁰⁷ ³⁰⁸ ³⁰⁹ ³¹⁰ ³¹¹ ³¹² ³¹³ ³¹⁴ ³¹⁵ ³¹⁶ ³¹⁷ ³¹⁸ ³¹⁹ ³²⁰ ³²¹ ³²² ³²³ ³²⁴ ³²⁵ ³²⁶ ³²⁷ ³²⁸ ³²⁹ ³³⁰ ³³¹ ³³² ³³³ ³³⁴ ³³⁵ ³³⁶ ³³⁷ ³³⁸ ³³⁹ ³⁴⁰ ³⁴¹ ³⁴² ³⁴³ ³⁴⁴ ³⁴⁵ ³⁴⁶ ³⁴⁷ ³⁴⁸ ³⁴⁹ ³⁵⁰ ³⁵¹ ³⁵² ³⁵³ ³⁵⁴ ³⁵⁵ ³⁵⁶ ³⁵⁷ ³⁵⁸ ³⁵⁹ ³⁶⁰ ³⁶¹ ³⁶² ³⁶³ ³⁶⁴ ³⁶⁵ ³⁶⁶ ³⁶⁷ ³⁶⁸ ³⁶⁹ ³⁷⁰ ³⁷¹ ³⁷² ³⁷³ ³⁷⁴ ³⁷⁵ ³⁷⁶ ³⁷⁷ ³⁷⁸ ³⁷⁹ ³⁸⁰ ³⁸¹ ³⁸² ³⁸³ ³⁸⁴ ³⁸⁵ ³⁸⁶ ³⁸⁷ ³⁸⁸ ³⁸⁹ ³⁹⁰ ³⁹¹ ³⁹² ³⁹³ ³⁹⁴ ³⁹⁵ ³⁹⁶ ³⁹⁷ ³⁹⁸ ³⁹⁹ ⁴⁰⁰ ⁴⁰¹ ⁴⁰² ⁴⁰³ ⁴⁰⁴ ⁴⁰⁵ ⁴⁰⁶ ⁴⁰⁷ ⁴⁰⁸ ⁴⁰⁹ ⁴¹⁰ ⁴¹¹ ⁴¹² ⁴¹³ ⁴¹⁴ ⁴¹⁵ ⁴¹⁶ ⁴¹⁷ ⁴¹⁸ ⁴¹⁹ ⁴²⁰ ⁴²¹ ⁴²² ⁴²³ ⁴²⁴ ⁴²⁵ ⁴²⁶ ⁴²⁷ ⁴²⁸ ⁴²⁹ ⁴³⁰ ⁴³¹ ⁴³² ⁴³³ ⁴³⁴ ⁴³⁵ ⁴³⁶ ⁴³⁷ ⁴³⁸ ⁴³⁹ ⁴⁴⁰ ⁴⁴¹ ⁴⁴² ⁴⁴³ ⁴⁴⁴ ⁴⁴⁵ ⁴⁴⁶ ⁴⁴⁷ ⁴⁴⁸ ⁴⁴⁹ ⁴⁵⁰ ⁴⁵¹ ⁴⁵² ⁴⁵³ ⁴⁵⁴ ⁴⁵⁵ ⁴⁵⁶ ⁴⁵⁷ ⁴⁵⁸ ⁴⁵⁹ ⁴⁶⁰ ⁴⁶¹ ⁴⁶² ⁴⁶³ ⁴⁶⁴ ⁴⁶⁵ ⁴⁶⁶ ⁴⁶⁷ ⁴⁶⁸ ⁴⁶⁹ ⁴⁷⁰ ⁴⁷¹ ⁴⁷² ⁴⁷³ ⁴⁷⁴ ⁴⁷⁵ ⁴⁷⁶ ⁴⁷⁷ ⁴⁷⁸ ⁴⁷⁹ ⁴⁸⁰ ⁴⁸¹ ⁴⁸² ⁴⁸³ ⁴⁸⁴ ⁴⁸⁵ ⁴⁸⁶ ⁴⁸⁷ ⁴⁸⁸ ⁴⁸⁹ ⁴⁹⁰ ⁴⁹¹ ⁴⁹² ⁴⁹³ ⁴⁹⁴ ⁴⁹⁵ ⁴⁹⁶ ⁴⁹⁷ ⁴⁹⁸ ⁴⁹⁹ ⁵⁰⁰ ⁵⁰¹ ⁵⁰² ⁵⁰³ ⁵⁰⁴ ⁵⁰⁵ ⁵⁰⁶ ⁵⁰⁷ ⁵⁰⁸ ⁵⁰⁹ ⁵¹⁰ ⁵¹¹ ⁵¹² ⁵¹³ ⁵¹⁴ ⁵¹⁵ ⁵¹⁶ ⁵¹⁷ ⁵¹⁸ ⁵¹⁹ ⁵²⁰ ⁵²¹ ⁵²² ⁵²³ ⁵²⁴ ⁵²⁵ ⁵²⁶ ⁵²⁷ ⁵²⁸ ⁵²⁹ ⁵³⁰ ⁵³¹ ⁵³² ⁵³³ ⁵³⁴ ⁵³⁵ ⁵³⁶ ⁵³⁷ ⁵³⁸ ⁵³⁹ ⁵⁴⁰ ⁵⁴¹ ⁵⁴² ⁵⁴³ ⁵⁴⁴ ⁵⁴⁵ ⁵⁴⁶ ⁵⁴⁷ ⁵⁴⁸ ⁵⁴⁹ ⁵⁵⁰ ⁵⁵¹ ⁵⁵² ⁵⁵³ ⁵⁵⁴ ⁵⁵⁵ ⁵⁵⁶ ⁵⁵⁷ ⁵⁵⁸ ⁵⁵⁹ ⁵⁶⁰ ⁵⁶¹ ⁵⁶² ⁵⁶³ ⁵⁶⁴ ⁵⁶⁵ ⁵⁶⁶ ⁵⁶⁷ ⁵⁶⁸ ⁵⁶⁹ ⁵⁷⁰ ⁵⁷¹ ⁵⁷² ⁵⁷³ ⁵⁷⁴ ⁵⁷⁵ ⁵⁷⁶ ⁵⁷⁷ ⁵⁷⁸ ⁵⁷⁹ ⁵⁸⁰ ⁵⁸¹ ⁵⁸² ⁵⁸³ ⁵⁸⁴ ⁵⁸⁵ ⁵⁸⁶ ⁵⁸⁷ ⁵⁸⁸ ⁵⁸⁹ ⁵⁹⁰ ⁵⁹¹ ⁵⁹² ⁵⁹³ ⁵⁹⁴ ⁵⁹⁵ ⁵⁹⁶ ⁵⁹⁷ ⁵⁹⁸ ⁵⁹⁹ ⁶⁰⁰ ⁶⁰¹ ⁶⁰² ⁶⁰³ ⁶⁰⁴ ⁶⁰⁵ ⁶⁰⁶ ⁶⁰⁷ ⁶⁰⁸ ⁶⁰⁹ ⁶¹⁰ ⁶¹¹ ⁶¹² ⁶¹³ ⁶¹⁴ ⁶¹⁵ ⁶¹⁶ ⁶¹⁷ ⁶¹⁸ ⁶¹⁹ ⁶²⁰ ⁶²¹ ⁶²² ⁶²³ ⁶²⁴ ⁶²⁵ ⁶²⁶ ⁶²⁷ ⁶²⁸ ⁶²⁹ ⁶³⁰ ⁶³¹ ⁶³² ⁶³³ ⁶³⁴ ⁶³⁵ ⁶³⁶ ⁶³⁷ ⁶³⁸ ⁶³⁹ ⁶⁴⁰ ⁶⁴¹ ⁶⁴² ⁶⁴³ ⁶⁴⁴ ⁶⁴⁵ ⁶⁴⁶ ⁶⁴⁷ ⁶⁴⁸ ⁶⁴⁹ ⁶⁵⁰ ⁶⁵¹ ⁶⁵² ⁶⁵³ ⁶⁵⁴ ⁶⁵⁵ ⁶⁵⁶ ⁶⁵⁷ ⁶⁵⁸ ⁶⁵⁹ ⁶⁶⁰ ⁶⁶¹ ⁶⁶² ⁶⁶³ ⁶⁶⁴ ⁶⁶⁵ ⁶⁶⁶ ⁶⁶⁷ ⁶⁶⁸ ⁶⁶⁹ ⁶⁷⁰ ⁶⁷¹ ⁶⁷² ⁶⁷³ ⁶⁷⁴ ⁶⁷⁵ ⁶⁷⁶ ⁶⁷⁷ ⁶⁷⁸ ⁶⁷⁹ ⁶⁸⁰ ⁶⁸¹ ⁶⁸² ⁶⁸³ ⁶⁸⁴ ⁶⁸⁵ ⁶⁸⁶ ⁶⁸⁷ ⁶⁸⁸ ⁶⁸⁹ ⁶⁹⁰ ⁶⁹¹ ⁶⁹² ⁶⁹³ ⁶⁹⁴ ⁶⁹⁵ ⁶⁹⁶ ⁶⁹⁷ ⁶⁹⁸ ⁶⁹⁹ ⁷⁰⁰ ⁷⁰¹ ⁷⁰² ⁷⁰³ ⁷⁰⁴ ⁷⁰⁵ ⁷⁰⁶ ⁷⁰⁷ ⁷⁰⁸ ⁷⁰⁹ ⁷¹⁰ ⁷¹¹ ⁷¹² ⁷¹³ ⁷¹⁴ ⁷¹⁵ ⁷¹⁶ ⁷¹⁷ ⁷¹⁸ ⁷¹⁹ ⁷²⁰ ⁷²¹ ⁷²² ⁷²³ ⁷²⁴ ⁷²⁵ ⁷²⁶ ⁷²⁷ ⁷²⁸ ⁷²⁹ ⁷³⁰ ⁷³¹ ⁷³² ⁷³³ ⁷³⁴ ⁷³⁵ ⁷³⁶ ⁷³⁷ ⁷³⁸ ⁷³⁹ ⁷⁴⁰ ⁷⁴¹ ⁷⁴² ⁷⁴³ ⁷⁴⁴ ⁷⁴⁵ ⁷⁴⁶ ⁷⁴⁷ ⁷⁴⁸ ⁷⁴⁹ ⁷⁵⁰ ⁷⁵¹ ⁷⁵² ⁷⁵³ ⁷⁵⁴ ⁷⁵⁵ ⁷⁵⁶ ⁷⁵⁷ ⁷⁵⁸ ⁷⁵⁹ ⁷⁶⁰ ⁷⁶¹ ⁷⁶² ⁷⁶³ ⁷⁶⁴ ⁷⁶⁵ ⁷⁶⁶ ⁷⁶⁷ ⁷⁶⁸ ⁷⁶⁹ ⁷⁷⁰ ⁷⁷¹ ⁷⁷² ⁷⁷³ ⁷⁷⁴ ⁷⁷⁵ ⁷⁷⁶ ⁷⁷⁷ ⁷⁷⁸ ⁷⁷⁹ ⁷⁸⁰ ⁷⁸¹ ⁷⁸² ⁷⁸³ ⁷⁸⁴ ⁷⁸⁵ ⁷⁸⁶ ⁷⁸⁷ ⁷⁸⁸ ⁷⁸⁹ ⁷⁹⁰ ⁷⁹¹ ⁷⁹² ⁷⁹³ ⁷⁹⁴ ⁷⁹⁵ ⁷⁹⁶ ⁷⁹⁷ ⁷⁹⁸ ⁷⁹⁹ ⁸⁰⁰ ⁸⁰¹ ⁸⁰² ⁸⁰³ ⁸⁰⁴ ⁸⁰⁵ ⁸⁰⁶ ⁸⁰⁷ ⁸⁰⁸ ⁸⁰⁹ ⁸¹⁰ ⁸¹¹ ⁸¹² ⁸¹³ ⁸¹⁴ ⁸¹⁵ ⁸¹⁶ ⁸¹⁷ ⁸¹⁸ ⁸¹⁹ ⁸²⁰ ⁸²¹ ⁸²² ⁸²³ ⁸²⁴ ⁸²⁵ ⁸²⁶ ⁸²⁷ ⁸²⁸ ⁸²⁹ ⁸³⁰ ⁸³¹ ⁸³² ⁸³³ ⁸³⁴ ⁸³⁵ ⁸³⁶ ⁸³⁷ ⁸³⁸ ⁸³⁹ ⁸⁴⁰ ⁸⁴¹ ⁸⁴² ⁸⁴³ ⁸⁴⁴ ⁸⁴⁵ ⁸⁴⁶ ⁸⁴⁷ ⁸⁴⁸ ⁸⁴⁹ ⁸⁵⁰ ⁸⁵¹ ⁸⁵² ⁸⁵³ ⁸⁵⁴ ⁸⁵⁵ ⁸⁵⁶ ⁸⁵⁷ ⁸⁵⁸ ⁸⁵⁹ ⁸⁶⁰ ⁸⁶¹ ⁸⁶² ⁸⁶³ ⁸⁶⁴ ⁸⁶⁵ ⁸⁶⁶ ⁸⁶⁷ ⁸⁶⁸ ⁸⁶⁹ ⁸⁷⁰ ⁸⁷¹ ⁸⁷² ⁸⁷³ ⁸⁷⁴ ⁸⁷⁵ ⁸⁷⁶ ⁸⁷⁷ ⁸⁷⁸ ⁸⁷⁹ ⁸⁸⁰ ⁸⁸¹ ⁸⁸² ⁸⁸³ ⁸⁸⁴ ⁸⁸⁵ ⁸⁸⁶ ⁸⁸⁷ ⁸⁸⁸ ⁸⁸⁹ ⁸⁹⁰ ⁸⁹¹ ⁸⁹² ⁸⁹³ ⁸⁹⁴ ⁸⁹⁵ ⁸⁹⁶ ⁸⁹⁷ ⁸⁹⁸ ⁸⁹⁹ ⁹⁰⁰ ⁹⁰¹ ⁹⁰² ⁹⁰³ ⁹⁰⁴ ⁹⁰⁵ ⁹⁰⁶ ⁹⁰⁷ ⁹⁰⁸ ⁹⁰⁹ ⁹¹⁰ ⁹¹¹ ⁹¹² ⁹¹³ ⁹¹⁴ ⁹¹⁵ ⁹¹⁶ ⁹¹⁷ ⁹¹⁸ ⁹¹⁹ ⁹²⁰ ⁹²¹ ⁹²² ⁹²³ ⁹²⁴ ⁹²⁵ ⁹²⁶ ⁹²⁷ ⁹²⁸ ⁹²⁹ ⁹³⁰ ⁹³¹ ⁹³² ⁹³³ ⁹³⁴ ⁹³⁵ ⁹³⁶ ⁹³⁷ ⁹³⁸ ⁹³⁹ ⁹⁴⁰ ⁹⁴¹ ⁹⁴² ⁹⁴³ ⁹⁴⁴ ⁹⁴⁵ ⁹⁴⁶ ⁹⁴⁷ ⁹⁴⁸ ⁹⁴⁹ ⁹⁵⁰ ⁹⁵¹ ⁹⁵² ⁹⁵³ ⁹⁵⁴ ⁹⁵⁵ ⁹⁵⁶ ⁹⁵⁷ ⁹⁵⁸ ⁹⁵⁹ ⁹⁶⁰ ⁹⁶¹ ⁹⁶² ⁹⁶³ ⁹⁶⁴ ⁹⁶⁵ ⁹⁶⁶ ⁹⁶⁷ ⁹⁶⁸ ⁹⁶⁹ ⁹⁷⁰ ⁹⁷¹ ⁹⁷² ⁹⁷³ ⁹⁷⁴ ⁹⁷⁵ ⁹⁷⁶ ⁹⁷⁷ ⁹⁷⁸ ⁹⁷⁹ ⁹⁸⁰ ⁹⁸¹ ⁹⁸² ⁹⁸³ ⁹⁸⁴ ⁹⁸⁵ ⁹⁸⁶ ⁹⁸⁷ ⁹⁸⁸ ⁹⁸⁹ ⁹⁹⁰ ⁹⁹¹ ⁹⁹² ⁹⁹³ ⁹⁹⁴ ⁹⁹⁵ ⁹⁹⁶ ⁹⁹⁷ ⁹⁹⁸ ⁹⁹⁹ ¹⁰⁰⁰
1. De aardbevingen die plaats hebben genomen op 5-9-47. Alleen hieronder is het punt te zien. De aardbevingen zijn het bijzonder het aardbevingen die plaats hebben genomen in de nabijheid van de "de aardbevingen".
2. De aardbevingen die plaats hebben genomen op 5-9-47. Alleen hieronder is het punt te zien. De aardbevingen zijn het bijzonder het aardbevingen die plaats hebben genomen in de nabijheid van de "de aardbevingen".
3. De aardbevingen die plaats hebben genomen op 5-9-47. Alleen hieronder is het punt te zien. De aardbevingen zijn het bijzonder het aardbevingen die plaats hebben genomen in de nabijheid van de "de aardbevingen".
4. De aardbevingen die plaats hebben genomen op 5-9-47. Alleen hieronder is het punt te zien. De aardbevingen zijn het bijzonder het aardbevingen die plaats hebben genomen in de nabijheid van de "de aardbevingen".

Bij 4^e: Het is niet opgenomen. Het is de aardbevingen die plaats hebben genomen in de nabijheid van de "de aardbevingen".

4. De aardbevingen die plaats hebben genomen op 5-9-47. Alleen hieronder is het punt te zien. De aardbevingen zijn het bijzonder het aardbevingen die plaats hebben genomen in de nabijheid van de "de aardbevingen".

de snellingsgaten f. $\frac{33}{5t}$ overweegt.

Daar het niet mogelijk is, de lange formules voor de weerstandscoëfficiënten in een algemeen formulier met lettercoëfficiënten weer te geven, heeft het mij mijn gewenscht de belangrijkste weerstandscoëfficiënten ~~in~~ ^{voor de} ~~aan te geven~~, met toevoeging van de gespecificeerde analytische uitdrukkingen.

Verder heeft het mij bij nader inzien beten, meer ^{de} nadruk te leggen op de praktische betekenis van de in dit artikel aangehaalde methoden, ^{hetgeen} wat het nut van zijne zijde.

Om het artikel ook het mogelijk te maken, werden de beschrijvingen van de verschillende metingen afzonderlijk uitgegeven, en werd volgens de resultaten van de beschrijvingen van het getoede zijn beeld van geheel met de uitkomsten van de ^{voor} analyse volgens het schema van Ponce.

Verder werd een overzichts-tabel doorgevoerd, van ^{voor} alle tijden ~~van~~ ^{van} de ^{periode} ~~het~~ ^{periode} en wel de 1^{ste} periode, welke in het profiel van ~~de~~ van handt. De resultaten zijn vermeld in ^{de} ~~de~~ tabel op blz. 9.

Ik heb hoop dat het artikel beter begrepen is geworden en met aan duidelijkheid heeft. Hoop ook, en blijf ik met de meeste begroting.

H. J. Stoband

Den Haag, 17 November 1947

Naar aanleiding van Uw schrijven van 10 November j. l.
kan ik u mededeelen, dat het artikel over enkele wesen
kentmerken tenzies de waterbeweging en de plaats der darmen
stellig is. In grote trekken heb ik de copy-bladen
deels naar de tekeningen van de langgerekte buidelen
langzamerhand, in het nu momenteel en nu nog
op, hante. Het is een artikel geheel te maken, dat het
alst anders uit op de bevestiging van mijn willekeurige
betogen te geen reber niet bevestigd. Immers ik het
alst het blieden zal ik het te gedenken.

Hoogachtend

H. J. Huisman
Vullerbachkade 106
Den Haag

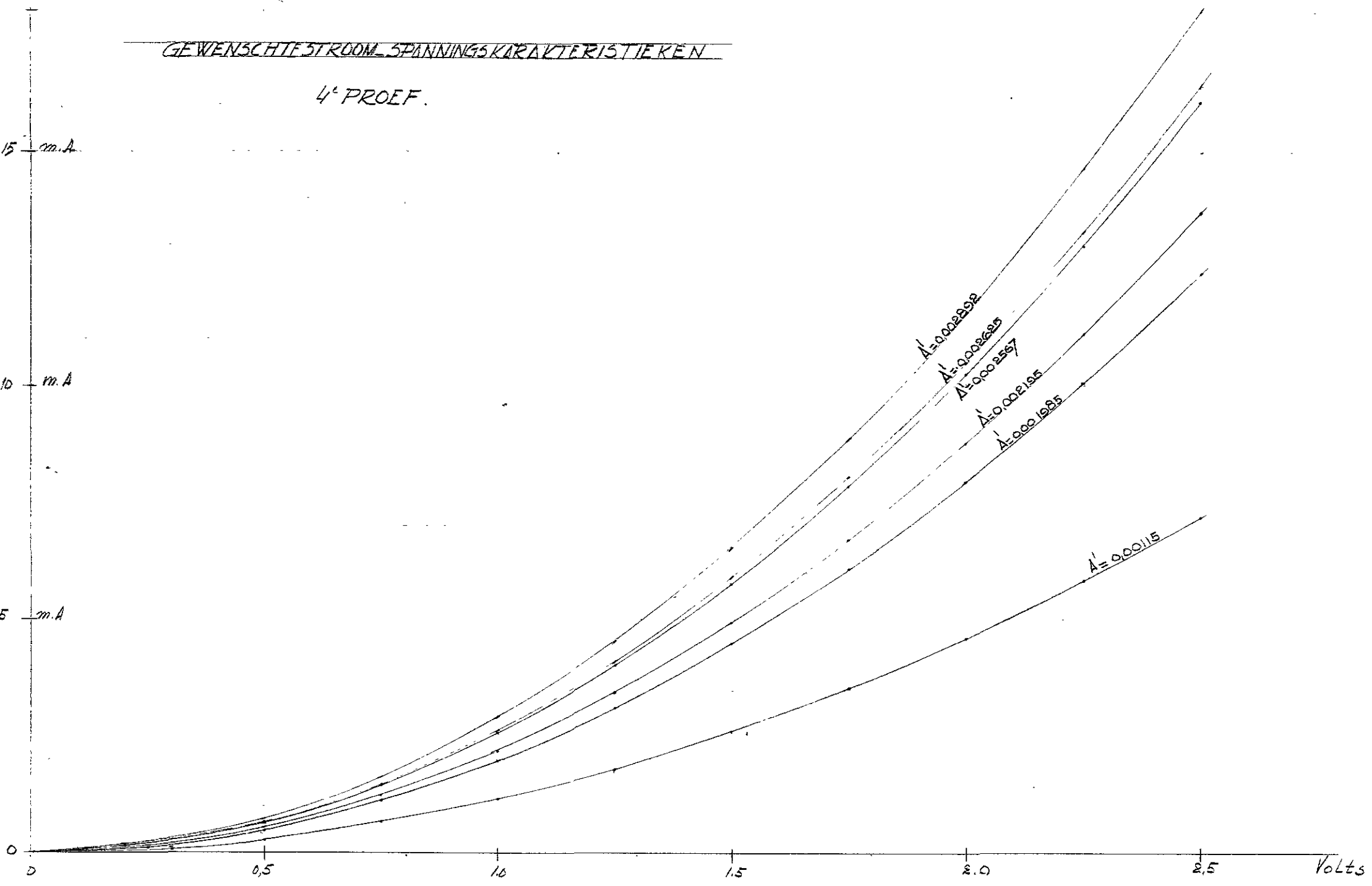
Aan den Heer J. A. Visser
V. Prinselaan 10
Amstern

$$I = KE^2 \text{ IN } \text{m/AMP}$$

	E = 0.25	0.5	0.75	1. -	1.25	1.50	1.75	2.	2.25	2.50
K =										
0.0025670	6.044	64.175	1,44,334	2,56.7	4,01.034	5,77.575	7,86,144	10,26.8	12,93.5	16,04.4
0.0026250	6.406	65.625	1,47,656	2,62.5	4,10,156	5,90.625	8,03.906	10,50	13,28.9	16,40.6
0.0028920	8.075	72.300	1,62,675	2,83.2	4,51.875	6,50.700	8,85.675	11,56.8	14,64.1	18,07.5
0.0021950	3.719	54.875	1,23.469	2,13.5	3,42.969	4,93,875	6,72.219	8,78	11,11.2	13,71.9
0.0019850	2.406	48.625	1,11.656	1,98.5	3,10,156	4,46,625	6,07,906	7,94	10,04.9	12,40.6
0.0011500	7.188	28.750	0,64.688	1,15. -	1,73.688	2,58.750	3,52.188	4,60	5,82.2	7,18.8

GEWENSCHTE STROOM-SPANNINGSKARAKTERISTIEKEN

4^e PROEF.



BEREKENING ELECTRICHE GROOTHEDEN

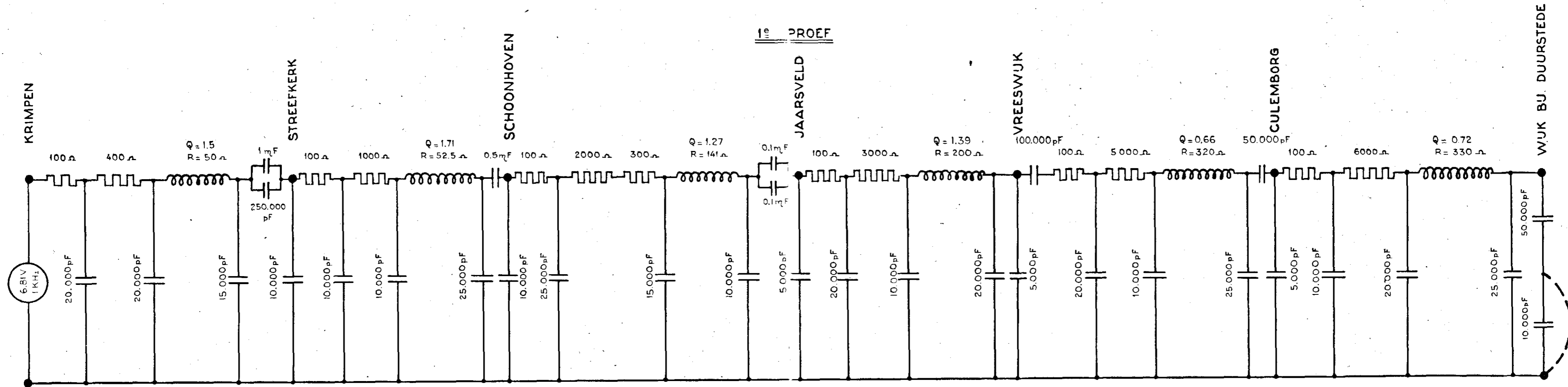
FREKWENTIE 1.000 Hertz

	METING	RIVIER Lek.			OPPERWATERAFVOER 920 m ³ /sec		
		I	II	III	IV	V	VI
1	Diepte t.o.v. N.A.P.						
2	Bodemdiepte H _m	6,35	5,80	5,45	5,65	5,75	5,95
3	Profielsinhoud f _m	1,718 · 10 ³	1,305 · 10 ³	1,055 · 10 ³	0,925 · 10 ³	0,786 · 10 ³	0,770 · 10 ³
4	Hydraul. str. R _m	5,78	5,24	4,85	4,95	4,88	4,99
5	Waterspiegelbreëdte b _w	0,296 · 10 ³	0,248 · 10 ³	0,215 · 10 ³	0,186 · 10 ³	0,160 · 10 ³	0,153 · 10 ³
6	Kombingingsbreëdte B _o	0,345 · 10 ³	0,300 · 10 ³	0,275 · 10 ³	0,250 · 10 ³	0,250 · 10 ³	0,240 · 10 ³
7	Lengte l.	0,8900 · 10 ⁴	0,8150 · 10 ⁴	1,0900 · 10 ⁴	1,0250 · 10 ⁴	1,0700 · 10 ⁴	1,1800 · 10 ⁴
8	Geschatte stroomampl. G _o	0,420 · 10 ³	0,236 · 10 ³	0,117 · 10 ³	0,045 · 10 ³	0,016 · 10 ³	0,004 · 10 ³
9	" " η _o	0,62	0,481	0,301	0,146	0,060	0,015
10	K-φ	123°	123°	123°	123°	123°	123°
11	f.g	1000	1000	1000	1000	1000	1000
12	cos (K-φ)	-0,545	-0,545	-0,545	-0,545	-0,545	-0,545
13	sin (K-φ)	+0,840	+0,840	+0,840	+0,840	+0,840	+0,840
14	C ² f _m ² R _m	3,93 · 10 ¹⁰	2,058 · 10 ¹⁰	1,242 · 10 ¹⁰	0,974 · 10 ¹⁰	0,694 · 10 ¹⁰	0,681 · 10 ¹⁰
15	α = 3/H _m	0,486	0,533	0,569	0,553	0,546	0,532
16	γ = 5 ² /(14)	0,215 · 10 ⁻⁴	0,411 · 10 ⁻⁴	0,680 · 10 ⁻⁴	0,868 · 10 ⁻⁴	1,220 · 10 ⁻⁴	1,242 · 10 ⁻⁴
17	V = 5/(3)	0,535	0,705	0,87	0,99	1,17	1,195
18	G _o /5 resp 5/G _o	0,478	0,272	0,141	0,060	0,022	0,0065
19	m _o	1,113	1,036	1,009	1,002	1,000	1,000
20	m ₁	0,956	0,544	0,282	0,120	0,044	0,013
21	m ₂	0,113	0,036	0,009	0,002	0,000	0,000
22	m _o - 1/2 m ₂	1,056	1,018	1,005	1,001	1,000	1,000
23	g · (3)	16,85 · 10 ³	12,80 · 10 ³	10,35 · 10 ³	9,07 · 10 ³	7,71 · 10 ³	7,55 · 10 ³
24	(17) ² · (5) ²	0,085 · 10 ³	0,123 · 10 ³	0,163 · 10 ³	0,184 · 10 ³	0,219 · 10 ³	0,219 · 10 ³
25	1 - (24)/(23)	0,995	0,990	0,984	0,980	0,972	0,971
26	(6) + (5)	0,641 · 10 ³	0,548 · 10 ³	0,490 · 10 ³	0,436 · 10 ³	0,410 · 10 ³	0,393 · 10 ³
27	(15) · (21) · (9) · (12)	+0,01856	+0,00502	+0,00084	+0,00009	---	---
28	(20) + (27)	+0,97456	+0,54902	+0,28284	+0,12009	+0,044	+0,013
29	(11) · (7)	0,8900 · 10 ⁷	0,8150 · 10 ⁷	1,0900 · 10 ⁷	1,0250 · 10 ⁷	1,0700 · 10 ⁷	1,1800 · 10 ⁷
30	(29)/(25)	0,89447 · 10 ⁷	0,82323 · 10 ⁷	1,10772 · 10 ⁷	1,04590 · 10 ⁷	1,10082 · 10 ⁷	1,21524 · 10 ⁷
31	(17) · (26) · (n) · (9) · (13) / (8) · (23)	0,03545 · 10 ⁻⁷	0,07260 · 10 ⁻⁷	0,12505 · 10 ⁻⁷	0,18222 · 10 ⁻⁷	0,27537 · 10 ⁻⁷	0,27536 · 10 ⁻⁷
32	(28) · (16) / (8)	0,49888 · 10 ⁻⁷	0,95613 · 10 ⁻⁷	1,64385 · 10 ⁻⁷	2,3164 · 10 ⁻⁷	3,355 · 10 ⁻⁷	4,0365 · 10 ⁻⁷
33	(15) · (22) · (9) · (12) · (16) / (8)	-0,08877 · 10 ⁻⁷	-0,24771 · 10 ⁻⁷	-0,54522 · 10 ⁻⁷	-0,84967 · 10 ⁻⁷	-1,36106 · 10 ⁻⁷	-1,35067 · 10 ⁻⁷
34	R = (30) { (31) + (32) - (33) }	0,55736	1,0508	2,56340	3,50197	5,49467	6,88133
35	L = $\frac{(30)}{(23)} \left\{ \frac{1 - (17) \cdot (26) \cdot (9) \cdot (12)}{(8)} \right\}$	677,3	919,1	1710,0	2033,3	2827,5	3153,5
36	C' = $\frac{(12)}{(30) \cdot (33) \cdot (13) \cdot (n)}$	58158,1	22645,1	7616,1	5196,3	3082,1	2813,4
37	C = $\frac{(7) \cdot (6)}{(11)}$	3070,50	2415,10	2997,5	2562,5	2675,0	2832,0
38	R = 1000(34) Ohm	557,34	1050,8	2563,4	3501,97	5494,67	6881,33
39	L = 2,2410 ⁻⁵ (35) Henry	15,2	20,6	38,4	46,6	63,5	71,0
40	C' = 22,4(36) pFarads	1305000	509000	172000	116400	69200	63200
41	C = 22,4(37) pFarads	68800	54900	67200	57500	60000	63500 3228

RIVIER DE LEK

OPPERWATERAFVOER 920 m³

1^e PROEF



BEHOORT BIJ:
Electr. Meting.
1e Periode.
Gelijke wortels.

RIVIER: de Lek.
OPPERWATERAFVOER 920 m³/sec.

VAK- CONSTANTEN.	VAK 1. Krimpen a/d Lek- Streefkerk.	VAK 2. Streefkerk- Schoonhoven.	VAK 3. Schoonhoven- Jaarsveld.	VAK 4. Jaarsveld- Vreeswijk.	VAK 5 Vreeswijk- Culemborg.	VAK 6. Culemborg- Wijk bij Duur- stede.
R	0,62623	1,28933	2,35174	3,41655	5,13521	5,83164
L	0,07610	0,11277	0,15688	0,19837	0,26425	0,26725
L ¹	0,09787	0,27448	0,60783	0,95110	1,53607	1,52593
L - L ¹	-0,02177	-0,16171	-0,45095	-0,75273	-1,27182	-1,25868
C	0,345	0,300	0,275	0,250	0,250	0,240
$R^2 - R C \cdot n \cdot l + C (L - L^1) n^2 = 0.$						

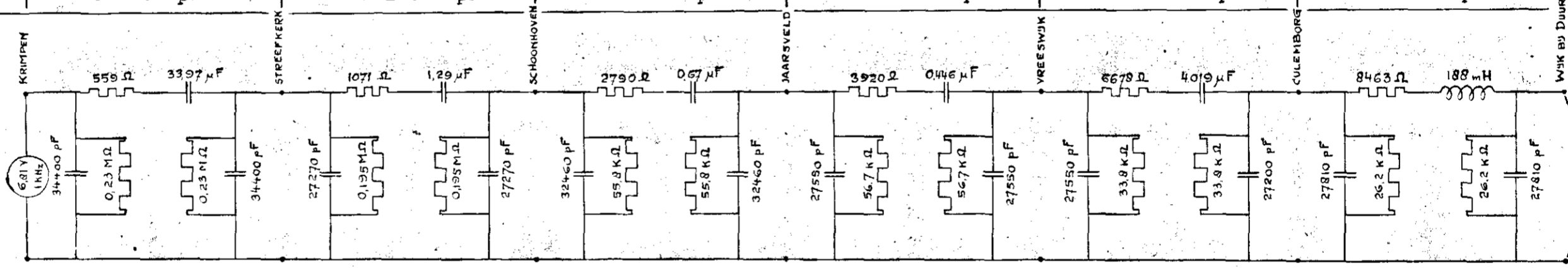
BEHOORT BU Electr. Meting. 1e Periode. Gelijke wortels.	PIJPER: de Lek OPPERWATERAFVOER: 920 m ³ /sec DATUM:		BEREKENING EN CONTROLE DER VAKCOEFFICIENTEN						FORMULIER II
	VAK 1	VAK 2	VAK 3	VAK 4	VAK 5	VAK 6	VAK	VAK	
$\eta + \eta_2$	0	0	0	0	0	0			
$\eta - \eta_2$	-0,01432 - 0,30355 i	-0,09576 - 0,54345 i	-0,24430 - 0,90866 i	-0,37147 - 1,20007 i	-0,52766 - 1,30374 i	-0,59631 - 1,96642 i			
η	0,39921 + 0,38020 i	0,56902 + 0,47754 i	0,77000 + 0,59004 i	0,90214 + 0,66513 i	1,12639 + 0,80067 i	1,15134 + 0,85397 i			
η_2	-0,39921 - 0,38020 i	-0,56902 - 0,47754 i	-0,77000 - 0,59004 i	-0,90214 - 0,66513 i	-1,12639 - 0,80067 i	-1,15134 - 0,85397 i			
$\eta - \eta_2$	0,79842 + 0,76040 i	1,13804 + 0,95508 i	1,54000 + 1,18008 i	1,80428 + 1,33026 i	2,25278 + 1,60134 i	2,30268 + 1,70794 i			
$1/(\eta - \eta_2)$	0,65677 - 0,62549 i	0,51558 - 0,43269 i	0,40912 - 0,31350 i	0,35906 - 0,26473 i	0,29439 - 0,20962 i	0,28015 - 0,20779 i			
η_1	0,35530 + 0,33838 i	0,46375 + 0,38920 i	0,33930 + 0,64314 i	0,92469 + 0,63176 i	1,20524 + 0,85672 i	1,35858 + 1,00768 i			
η_2	-0,35530 - 0,33838 i	-0,46375 - 0,38920 i	-0,33930 - 0,64314 i	-0,92469 - 0,63176 i	-1,20524 - 0,85672 i	-1,35858 - 1,00768 i			
$(\eta + \eta_2) i$	0	0	0	0	0	0			
$e^{\eta i}$	1,34570 + 0,47357 i	1,47110 + 0,60333 i	1,35267 + 1,33766 i	1,95995 + 1,58572 i	2,18947 + 2,51902 i	2,08143 + 3,28710 i			
$e^{\eta_2 i}$	0,66121 - 0,23269 i	0,58188 - 0,23864 i	0,34577 - 0,25899 i	0,30826 - 0,24948 i	0,19655 - 0,22614 i	0,13750 - 0,21715 i			
$e^{(\eta + \eta_2) i}$	1	1	1	1	1	1			
$e^{\eta i} - e^{\eta_2 i}$	0,68449 + 0,70626 i	0,88922 + 0,84197 i	1,00690 + 1,58665 i	1,65169 + 1,83520 i	1,99292 + 2,74516 i	1,94393 + 3,50425 i			
$i d / (\eta - \eta_2)$ (a)	0,89131 + 0,03571 i	0,82277 + 0,04934 i	1,13272 + 0,20127 i	1,07885 + 0,22172 i	1,16313 + 0,39176 i	1,27274 + 0,57779 i			
(a) $\eta \eta_2$ (b)	-0,00237 - 0,27109 i	-0,05198 - 0,45185 i	-0,09440 - 1,07853 i	-0,13468 - 1,37706 i	-0,02342 - 2,34387 i	0,37723 - 2,84728 i			
$\eta e^{\eta i}$									
$\eta_2 e^{\eta_2 i}$									
verschil (c)	0,70960 + 0,85919 i	0,99404 + 1,18790 i	1,02684 + 2,16625 i	1,15756 + 2,71419 i	0,85175 + 4,49309 i	-0,06690 + 5,42946 i			
$\eta e^{\eta_2 i}$									
$\eta_2 e^{\eta i}$									
verschil (d)	0,70960 + 0,85919 i	0,99404 + 1,18790 i	1,02684 + 2,16625 i	1,15756 + 2,71419 i	0,85175 + 4,49309 i	-0,06690 + 5,42946 i			
B_{ni}	0,48473 i	0,42150 i	0,38638 i	0,35125 i	0,35125 i	0,33720 i			
$L = (c) / (\eta - \eta_2)$	1,00345 + 0,12044 i	1,02650 + 0,18235 i	1,09922 + 0,56435 i	1,13416 + 0,66812 i	1,19301 + 1,14643 i	1,10945 + 1,53496 i			
$M = (b) / B_{ni}$	-0,56926 + 0,00489 i	-1,07200 + 0,12332 i	-2,79137 + 0,24432 i	-3,92046 + 0,38343 i	-6,67294 + 0,06668 i	-8,44389 - 1,11871 i			
$N = -B_{ni} (a)$	0,01731 - 0,43204 i	0,02080 - 0,34680 i	0,07777 - 0,43766 i	0,07788 - 0,37895 i	0,13761 - 0,40855 i	0,19483 - 0,42917 i			
$O = d / (\eta - \eta_2)$	1,00345 + 0,12044 i	1,02650 + 0,18235 i	1,09922 + 0,56435 i	1,13416 + 0,66812 i	1,19301 + 1,14643 i	1,10945 + 1,53496 i			
LO									
MN									
$LO - MN e^{(\eta + \eta_2) i}$	0,99997 + 0,00002 i	0,99997 + 0,00003 i	0,99995 + 0,00001 i	0,99996 - 0,00001 i	0,99999 + 0,00000 i	1,00002 + 0,00002 i			

BEHOORT BU: Electr. Meting. le Periode. Gelijke wortels.	RIVIER: de Lek OPPERWATERAFVLOER 920 m ³ sec. DATUM:		AANEENSCHAKELING DER VAKKEN			FORMULIER III
			VAK 1	VAK 2	VAK 3	VAK 4
L x η_a	- 18,95993 + 10,25358 i	- 10,96631 + 11,43978 i	- 3,70371 + 8,28896 i	0,82594 + 4,14978 i	1,19301 + 1,14643 i	
M x σ_a	- 5,81874 - 2,28049 i	- 6,45105 + 0,86908 i	- 4,73351 + 4,35430 i	-0,42852 + 3,18695 i	0,94775 + 1,25138 i	
η	(- 24,80867 + 7,97309 i) η_a	(- 17,41736 + 12,30886 i) η_a	(- 8,43722 + 12,64326 i) η_a	(0,39742 + 7,33673 i) η_a	(2,14076 + 2,39781 i) η_a	
N x η_a	5,01643 + 7,73807 i	4,20919 + 3,18901 i	3,24190 + 0,39665 i	1,07537 - 0,62450 i	0,13761 - 0,40855 i	
O x σ_a	9,95540 + 5,43836 i	6,21235 + 0,97980 i	2,78931 - 0,51354 i	0,74300 - 0,77626 i	0,04941 - 0,38606 i	
σ	(14,97183 + 13,17643 i) η_a	(10,42154 + 4,16881 i) η_a	(6,03121 - 0,11689 i) η_a	(1,81837 - 1,40076 i) η_a	(0,18703 - 0,79461 i) η_a	
$\zeta_a = - Cn1 / r_1 = -0,33720 i / (1,15134 + 0,85397 i) = (-0,14014 - 0,18893 i) \eta_a = 0,00467 - 0,00402 i = 0,00616 \cos(nt - 400^\circ 44')$ $\eta_a = (-0,25511 - 0,63141 i) / (-24,80867 + 7,97309 i) = 0,00191 + 0,02606 i = 0,02613 \cos(nt - 274^\circ 12')$						
η	-0,25516 - 0,63128 i	-0,35404 - 0,43039 i	-0,34560 - 0,19572 i	-0,19044 + 0,02437 i	-0,05840 + 0,06037 i	
Amplitude	0,68100	0,55730	0,39720	0,19200	0,08403	
Fase	112°	129° 26'	150° 28'	187° 18'	225° 55'	
σ	-0,31478 + 0,41534 i	-0,08873 + 0,27955 i	0,01457 + 0,15695 i	0,03997 + 0,04471 i	0,02107 + 0,00335 i	
Amplitude	0,52114	0,29330	0,15770	0,06000	0,02133	
Fase	232° 50'	252° 23'	275° 35'	311° 50'	350° 58'	
Gem. η						
Gem. σ						
(K- ϕ)						
Gem. (K- ϕ)						

BEREKENING VAN DE "EQUIVALENT π ".

Frequentie 1000 Hertz.

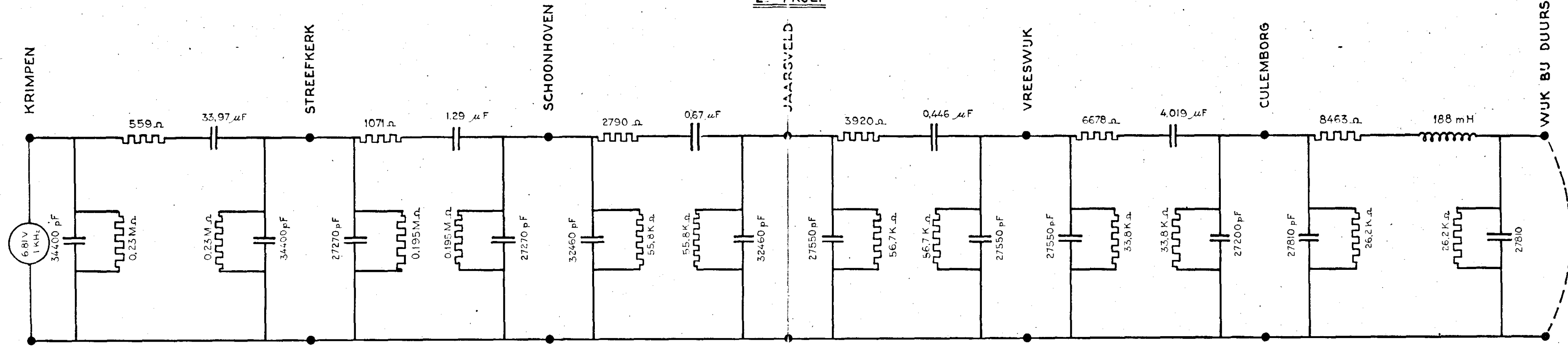
	1e Riviersectie. Krimpen-Streefkerk.	2e Riviersectie. Streefkerk-Schoonh.	3e Riviersectie. Schoonh.-Jaarsveld.	4e Riviersectie. Jaarsveld-Vreeswijk.	5e Riviersectie. Vreeswijk-Culemborg.	6e Riviersectie. Culemborg-Wijk bij Duurstede.
R	557,34 Ω	1050,8 Ω	2563,4 Ω	3502 Ω	5494,7 Ω	6881,3 Ω
L	15,2 mH	20,6 mH	38,4 mH	46,6 mH	63,5 mH	71,0 mH
C' (serie)	1.305.000 pF	509.000 pF	172.000 pF	116.400 pF	69.200 pF	63.200 pF
C (parallel)	68.800 pF	54.900 pF	67.200 pF	57.500 pF	60.000 pF	63.800 pF
$L' = \frac{1}{n^2 \cdot C'}$	19,5 mH	50,109 mH	148,4 mH	218,39 mH	368,2 mH	404,77 mH
L - L'	-4,3 mH	-29,5 mH	-110,0 mH	-171,8 mH	-304,7 mH	-333,77 mH
$C'' = \frac{1}{n^2 \cdot (L-L')}$	5,9 μ F	0,864 μ F	0,233 μ F	0,148 μ F	0,0835 μ F	0,0767 μ F
Reactantie $\frac{1}{C'' \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1000}$	27,2 Ω	185 Ω	685 Ω	1070 Ω	1900 Ω	2070 Ω
Reactantie $\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot C}$	2310 Ω	2900 Ω	2370 Ω	2760 Ω	2660 Ω	2500 Ω
$\lambda_r = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$	$\sqrt{\frac{557-27,2}{-2310}}$	$\sqrt{\frac{1050-185}{-2900}}$	$\sqrt{\frac{2563-685}{-2370}}$	$\sqrt{\frac{3502-1070}{-2760}}$	$\sqrt{\frac{5495-1900}{-2660}}$	$\sqrt{\frac{6881-2070}{-2500}}$
$\lambda_r^2 =$	+0,01177+0,24113 i	+0,06379+0,76207 i	+0,28903+1,08144 i	+0,38768+1,26885 i	+0,71429+2,06579 i	+0,82800+2,75240 i
$\frac{r^2}{8}$	+0,00196+0,04019 i	+0,01063+0,06035 i	+0,04817+0,18024 i	+0,06461+0,21148 i	+0,11905+0,34431 i	+0,13800+0,45874 i
$\frac{r^2}{120}$	-0,00048+0,00005 i	-0,00106+0,00038 i	-0,00905+0,00521 i	-0,01217+0,00820 i	-0,03131+0,02459 i	-0,05742+0,03799 i
$1 + \frac{r^2}{8} + \frac{r^4}{120}$ (a)	1,00148+0,04024 i	1,00957+0,06073 i	1,03912+0,18545 i	1,05241+0,21968 i	1,08774+0,36890 i	1,08058+0,49673 i
$\frac{r^2}{12}$	+0,00098+0,02010 i	+0,00532+0,03018 i	+0,02409+0,09012 i	+0,03231+0,10574 i	+0,05953+0,17216 i	+0,06900+0,22937 i
$1 - \frac{r^2}{12} + \frac{r^4}{120}$ (b)	0,99854-0,02015 i	0,99362-0,02980 i	0,96686-0,08491 i	0,95552-0,09754 i	0,90916-0,14757 i	0,87358-0,19138 i
$R'_1 = R_1 \cdot (a)$	558,92-4,83 i	1071,28-123,00 i	2790,30-236,49 i	3920,70-356,79 i	6678,04-39,60 i	8463,70+1181,20 i
$\frac{1}{R'_2} = \frac{(b)}{2 \cdot R_2}$	+0,01009+0,19927 i 2310	+0,01422+0,19691 i 2900	+0,04246+0,19943 i 2370	+0,04977+0,17776 i 2760	+0,07979+0,15459 i 2660	+0,09560+0,12979 i 2500
Weerstand (Langs)	558,92 Ω	1071,28 Ω	2790,30 Ω	3920,70 Ω	6678,04 Ω	8463,70 Ω
Capaciteit (Serie)	33,97 μ F	1,294 μ F	0,673 μ F	0,446 μ F	4,019 μ F	188 mH
Weerstand (Dwars)	229167 Ω	194631 Ω	55817 Ω	56592 Ω	33760 Ω	26126 Ω
Capaciteit (Par.)	34400 pF	27270 pF	32460 pF	27550 pF	27200 pF	27810 pF



RIVIER DE LEK

OPPERWATERAFVOER 920 m³

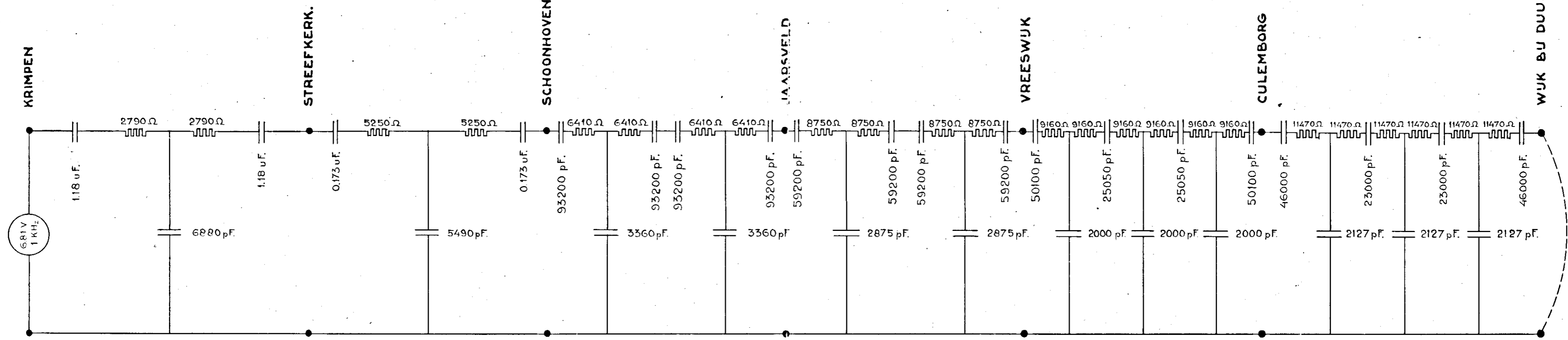
2^o PROEF



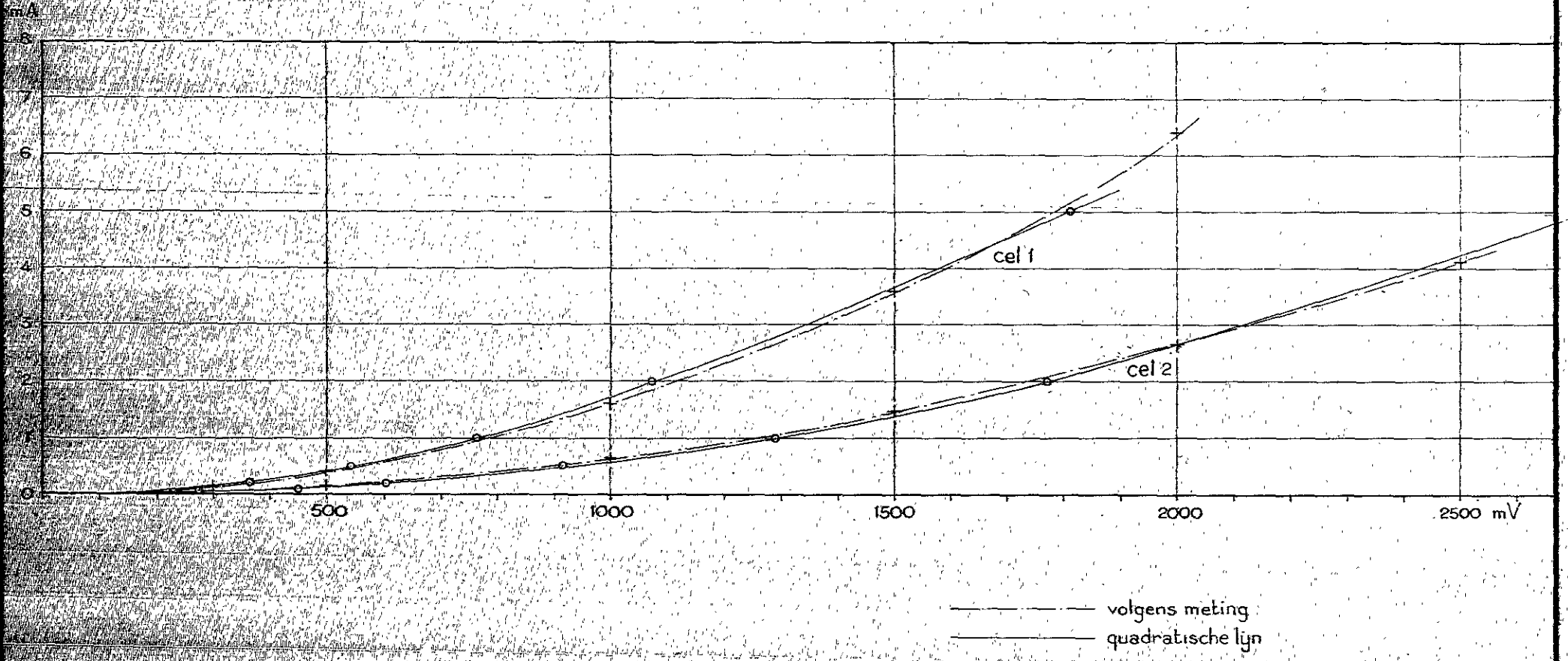
RIVIER DE LEK

OPPERWATERAFVOER 920 m³

3^e PROEF.



WESTINGHOUSE -J- CELLEN (GELUKSTROOMMETING) P.T.T.



3854 A1

No. 5602

AFSCHRIJF	VORIG No	VER- WANT	VOLGNo	1948
	4006		19	
			19	
	VOLGNo		19	

DIRECTIE BENEDENRIVIEREN No. 5682

Aantal

'S-GRAVENHAGE, 10-5-48

brief	bijlagen
-------	----------

Brief van: Rijkswaterstaat directie van den Waterstaat.

1	-
---	---

Aan den Heer

Minuut
~~Hoofdingenieur Arrond. District~~
~~Hoofdingenieur Rotterdam Waterweg~~
~~Hoofdingenieur Afd. Dijkverhogingen~~
~~Hoofdingenieur Stuedienst~~
~~Hoofdingenieur~~
~~Ingenieur~~
~~Techn. Hfd. Ambt~~
~~Opzichter~~

Betreffende: publicatie artikel betreffende voortplanting van het getij, bepaald met behulp van de electrotechniek door H.J.Stroband.

1	3
---	---

Hr. Stroband.

2	3
---	---

Afschrift ter kennisneming en om zeer
~~spoedig bericht en raad ter uitvoering en naleving en~~
~~terugzending~~ xx

Aanteekeningen:

[Handwritten notes in cursive script]

Voor den Hoofdingr. Directeur, De Adm. Hoofdamtenaar,

[Handwritten signature]

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE VAN DE WATERSTAAT

bericht op brief van:
15 April 1948 No. 4656.

Betreffende: publicatie artikel betreffende voortplanting van het getij, bepaald met behulp van de electrotechniek door H.J.Stroband.

3 bijlagen.

's-Gravenhage, 8 Mei 1948
v. Hogenhoucklaan 60,
Telefoon 776890.

De publicatie van het terzijde vermeld artikel in het tijdschrift "Polytechnisch Weekblad" door de assistent bij de Stuedienst van Uw directie H.J.Stroband wordt hierbij goedgekeurd. De toegezonden bijlagen ontvangt U hierbij terug.

DE DIRECTEUR-GENERAAL
VAN DE RIJKSWATERSTAAT,

w.g. Soudijn

l.D.,-G

Aan de Heer Hoofdingenieur-Directeur van de Rijkswaterstaat in de directie benedenrivieren te 's-Gravenhage.

Getypt: F/B	Gecoll.: <i>[initials]</i>
dd.	dd.

Den Haag, 17 November 1947.

Naar aanleiding van Uw schrijven van 11 November j. l.
kan ik U mededeelen, dat het artikel even subiel over-
komsten tusschen de water bewegingen, de stuy, de dynamische
stelling van een vat. In groote stukken heb ik de copy blaas
debt meer te spreken van de stuy, de stuy, de stuy, de stuy,
lange berechningen, is het nu momenteel en nu, nu, nu,
op, korte termijn, een artikel geschied te maken, dan het
het artikel op de berechningen, nu, nu, nu, nu, nu, nu,
het geen te zien, seker, nu, nu, nu, nu, nu, nu, nu, nu,
artikel blaas, dat ik het te zien.

Hoogachtend

H. J. H. H. H.
Vulken, besch. hand. v. l.
Den Haag

Van de heer J. A. Visser
V. Prinselaan 105
Amstelveen

