

PRZEGLĄD RADJOTECHNICZNY

OGŁASZANY STARANIEM SEKCJI RADJOTECHNICZNEJ STOW. ELEKTR. POLSKICH

Pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XII.

1 Września 1934 r.

Zeszyt 17—18

Redaktor kpt. STEFAN JASIŃSKI.

Warszawa, Marszałkowska 33 m. 11, tel. 8-40-45.

O BŁĘDACH OSCYLOGRAFU KATODOWEGO GAZOWANEGO JAKO PRZYRZĄDU POMIAROWEGO

Les Erreurs des Mésures à l'Aide d'un Oscillographe Cathodique à Gaz.

Inż. Andrzej Jellonek, Lwów.

(Dokończenie)

2. Błędy wynikające z nagazowania.

a. Przewodność przestrzeni między elektrodami sterującymi. Wiązka elektronów biegnących między elektrodami sterującymi jonizuje znajdujący się tam gaz. Przestrzeń między płytkami wykazuje zatem pewną przewodność. Po założeniu napięcia mierzonego (stałego) U_{st} popłynie między elektrodami prąd I ; obie te wielkości określają opór R elektrod sterujących. Jeżeli teraz źródło napięcia mierzonego ma SEM E oraz opór wewnętrzny R_1 , to napięcie $U_{st} = E \frac{R}{R + R_1}$; chcielibyśmy zmierzyć E , mierzymy zaś w rzeczywistości U_{st} . Stąd błąd popełniony:

$$\Delta_y \% = \frac{E \frac{R}{R + R_1} - E}{E} 100 = - \frac{R_1}{R + R_1} 100.$$

Błąd procentowy jest zatem niezależny od wartości napięcia mierzonego, jak długo R oraz R_1 pozostają stałe. W rzeczywistości R zależy właśnie od wielkości amplitudy napięcia

jest pozornie mniejsza w okolicy $U_{st} = 0$. Zjawisko to nazywamy zewnętrzną anomalią punktu zerowego.

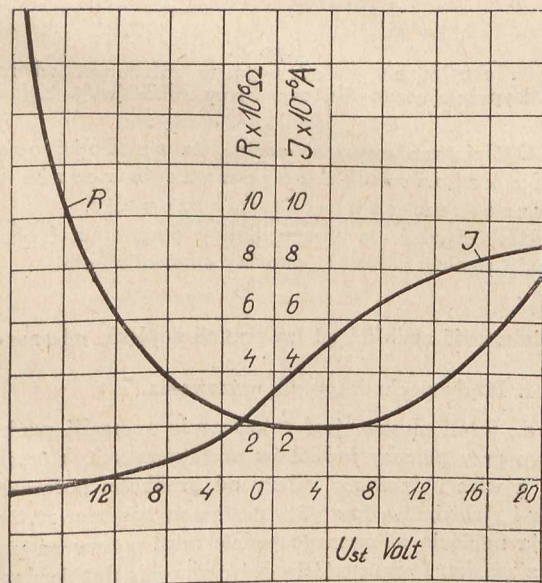
Ponieważ opór R nie spada naogół poniżej wartości $R \approx 10^6 \Omega$, zatem błąd spowodowany powyższą właściwością zaczyna grać rolę dopiero wówczas, gdy opór wewnętrzny źródła mierzonego wynosi: $R_1 \approx \sim 10^4 \Omega$.

Przykład.

$$R = 10^6 \Omega, \quad R_1 = 5 \cdot 10^4 \Omega,$$

$$\Delta_y \% = - \frac{R_1}{R + R_1} 100 = - \frac{5 \cdot 10^4}{100 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^4} = \sim 4,8\%.$$

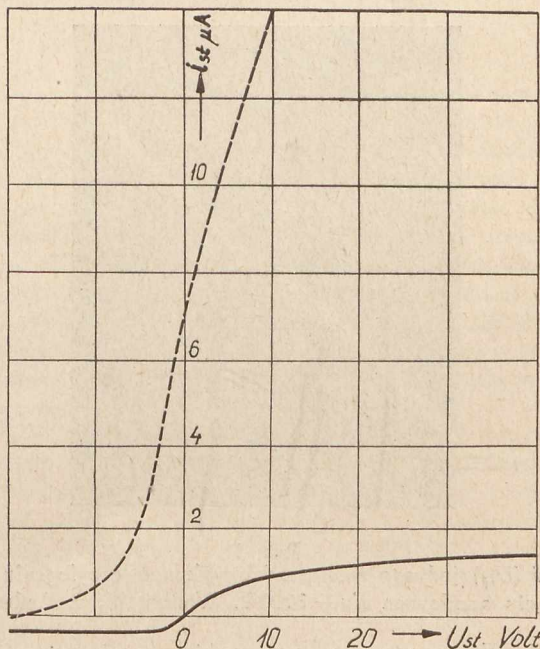
Prąd płytek pochodzi w dużej mierze od elektronów samego strumienia użytecznego, który od ekranu musi powrócić (w postaci wolno biegnących elektronów) ku anodzie. Elektrony te właśnie częściowo odpływają do elektrod sterujących. Stąd możemy wybitnie zmniejszyć prąd płytek dając ekran fluoryzujący połączony metalicznie z anodą³⁾, lub też anodę w formie walca otaczającego elektrody sterujące⁴⁾ (rys. 5).



Rys. 4.

Prąd elektrod sterujących oraz opór wewnętrzny oscylografu niskowoltowego ($E_a = 350 V$).

sterującego. Doświadczalnie stwierdzamy, że opór ten jest najmniejszy dla napięć sterujących małych, poczem dla napięć tak dodatnich jak i ujemnych o dużej bezwzględnej wartości szybko rośnie (rys. 4). Czulość zatem oscylografu



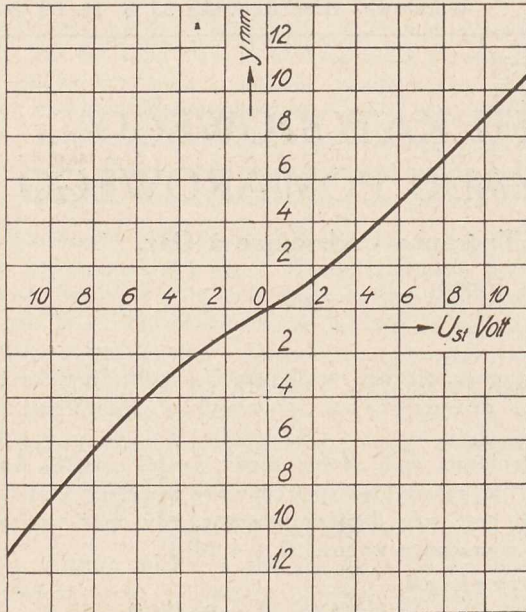
Rys. 5.

Prąd elektrod sterujących bez osłony (kreskowany) oraz z osłoną (pełny). Wdg. komunikatu f-my Cossor.

³⁾ Kat. f-my Leybold's Nachfolger Ma 140e.

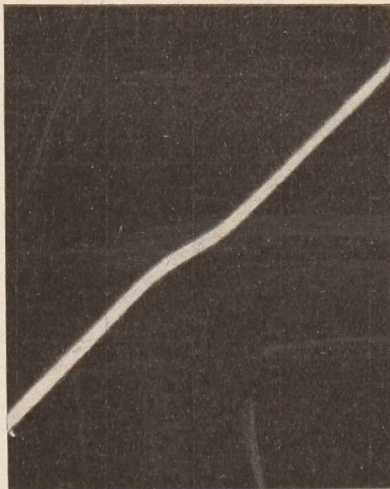
⁴⁾ The Cossor Cathode Ray Oscillograph Booclet B 15 (A).

Jeżeli opór wewnętrzny źródła mierzonej SEM przekracza $10^4 \Omega$, wówczas pomagamy sobie przez użycie wzmacniacza cechowanego oraz pomiar napięcia już wzmocnionego. Można również na elektrody sterujące przyłożyć wstępne napięcie ujemne, by przesunąć punkt pracy w obręb wysokiego oporu wewnętrznego oscylografu. Pociąga to jednak za sobą



Rys. 6.
 $y = f(U_{st})$ dla oscylografu 4018 A.

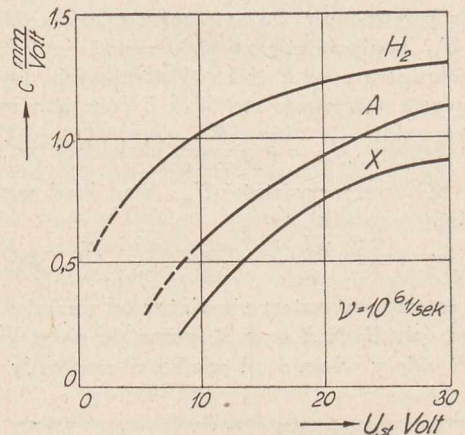
potrzebę użycia dodatkowego urządzenia, dla sprowadzenia plamki świetlnej w położenie początkowe. Obrócenie punktu pracy w obrębie małych prądów, a zatem blisko lub na zakrzywieniu charakterystyki $I = f(U_{st})$ może powodować prostowanie prądu płynącego przez elektrody, a stąd składową stałą napięcia na oporze wewnętrznym źródła i dodatkowe przesunięcie plamki świetlnej.



Rys. 7.
 $y = f(U_{st})$ jednego ze starszych wykonań oscylografu o napięciu anodowym $Ea = 3000 \text{ V}$. Według M. v. Ardenne.

b. Wewnętrzna anomalja punktu zerowego. Jeżeli znajdziemy doświadczalnie dla oscylografu katodowego gazowanego zależność $y = f(U_{st})$ to zauważymy (rys. 6 i 7), że w okolicy małych napięć sterujących wychylenie przestaje być ściśle proporcjonalne do napięć przyłożonych; zatem i czułość oscylografu nie jest stała, lecz

maleje w okolicy $U_{st} = 0^{14}$). Zjawisko to zwane wewnętrzną anomalją punktu zerowego tłumaczymy sobie tem, że wolne jony i elektrony wytworzone przez strumień katodowy dążą, po przyłożeniu napięcia sterującego, ku przyciągającym je elektrodom, wytwarzając tem samym w ich okolicy naboje przestrzenne. Na nabojach tych powstają spadki napięcia; ustrój pola elektrycznego w obrębie elektrod sterujących zostaje zakłócony w ten sposób, że natężenie w okolicy osi oscylografu maleje. Minimum tego natężenia naogół nie leży ściśle w osi podłużnej oscylografu, z powodu różnej prędkości jonów i elektronów, a stąd i różnej grubości ładunków przestrzennych. Praktycznie oznacza to nierówność czułości dla $|+U_{st}| = |-U_{st}|$, co też potwierdza doświadczenie (rys. 6 i 7). Zmiana czułości jest tem mniejsza, im większe jest napięcie mierzone w stosunku do spadków napięć wywołanych zmianami struktury pola. Poza tem błąd ten, jako zależny od bezwzględnej wielkości ładunków przestrzennych musi maleć wraz z osłabieniem strumienia elektronów, ładunek ten wywołujących. Wielkość błędu spowodowanego wewnętrzną anomalją punktu zerowego jest nadto uwarunkowana indywidualnymi własnościami samego oscylografu jak: ciśnienie gazu wypełniającego, jego rodzaj, i t. d. (rys. 8). Stąd narazie możemy ją wyznaczać jedynie przez pomiar.



Rys. 8.
Czułość oscylografu katodowego w zależności od rodzaju gazu wypełniającego dla osc. firmy AEG (wdg. Heimanna).

Ogólnie możemy powiedzieć, że czułość oscylografu katodowego gazowanego rośnie wraz ze wzrostem napięcia mierzonego.

Dla uzupełnienia obrazu błędów powstających skutkiem anomalji punktu zerowego musimy omówić z kolei:

II. Zależność czułości od frekwencji napięcia mierzonego⁵⁾.

1. Błędy pochodzące z nagazowania.

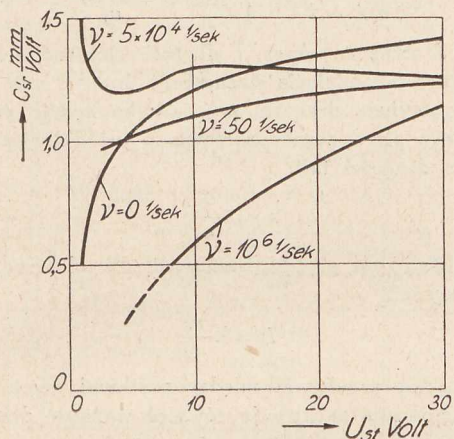
a. Jeżeli słuszne jest tłumaczenie anomalji punktu zerowego przy pomocy ładunków przestrzennych, których grubość, a więc i działanie zależy od prędkości poruszania się jonów i elektronów, to z góry można się spodziewać, że frekwencja napięcia mierzonego będzie mieć wpływ na przebieg tego zjawiska. I rzeczywiście doświadczenie potwierdza nasze przypuszczenia^{5) 6) 7) 8)}. Czułość naogół maleje wraz ze

¹⁴⁾ F. Bedell and J. Kuhn Linear correction for cathode-ray oscillograph Phys. Rev. 1930 vol. 36, 933.

⁵⁾ Heimann Ueber die Empfindlichkeit der Braunschen Röhre mit Gaskonzentration bei verschiedener Frequenz Z. f. Hochfr. u. El. Ak. 1932 40 127.

⁶⁾ M. v. Ardenne Untersuchungen an Braunschen Röhren mit Gasfüllung Z. f. Hochfr. u. El. Ak. 1932 39 18.

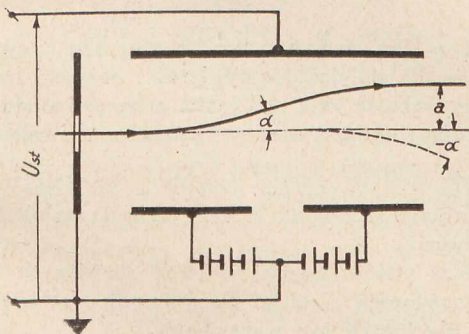
wzrostem frekwencji (rys. 9), rosnąc równocześnie dla danej frekwencji z amplitudą napięcia mierzonego. Istnieje jednak pewna frekwencja (wzgl. pas frekwencji) uprzywilejowana dla danego oscylografu, dla której czułość zachowuje się odwrotnie: jest największa dla amplitud małych, by następnie



Rys. 9.
Zmiany czułości z frekwencją w osc. kat. firmy AEG.
wdg. Heimanna.

maleć zdecydowanie dla większych. Jest to zatem niejako „odwrotna anomalia punktu zerowego” (krzywa $\nu = 5 \cdot 10^4$ l/sek na rys. 9). Zmiany czułości z frekwencją napięcia sterującego są jeszcze zależne od gazu wypełniającego oscylograf. Krzywe dla gazów lżejszych wykazują naogół zwiększone czułości, co do kształtu jednak są zbliżone do pozostałych.

Istnieje kilka sposobów usunięcia błędów spowodowanych anomaliami punktu zerowego. Najprostszym będzie obrócenie początkowego punktu pracy poza okolicą punktu zerowego przy pomocy napięcia wstępnego. Spowodowane nim odchylenie plamki świetlnej ze środka ekranu kompensujemy niesymetryczną budową oscylografu, lub też dodatkowym polem magnetycznym⁸⁾. Inną metodę podaje M. v. Ardenne¹⁰⁾ wykonujący poszczególne płytki elektrod sterujących rozdzielone. Napięcie wstępne jest przyłożone pomiędzy te części. Biegający elektron znajduje się w obrębie każdej pary płytek kolejno pod działaniem dwu napięć wstępnych, odwrotnie skierowanych. Przy odpowiednim doborze wielkości



Rys. 10.

⁷⁾ M. v. Ardenne, Bemerkung zu der Arbeit von W. Heilmann Z. f. Hochfr. u. El. Ak. 1932 40 217.

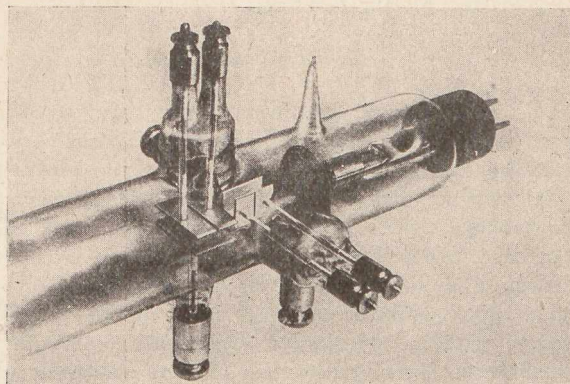
⁸⁾ E. Hudec die Verzerrungen durch die Raumladung in der Braunschen Röhre El. N. T. 1933 10 215.

⁹⁾ J. T. Mac Gregor-Morris and H. Wright Accuracy of Measurements made with hotfilament cathode-ray tubes of the gas focused type. The Jour. of the Inst. of. El. Eng. 1932 71 57.

¹⁰⁾ M. v. Ardenne. Eine neue Methode zur Beseitigung der Verzerrungen durch Raumladung in Braunschen Röhren Z. f. techn. Phys. 1933 14 461.

płytek i użytych napięć uwalniamy się tu od wpływu anomalji punktu zerowego, zmieniając równocześnie bardzo nieznacznie położenie plamki świetlnej na ekranie (rys. 10 i 11). Istnieją w końcu oscylografiy w których anomalia punktu zerowego leży poniżej dokładności żądanej dla celu, dla którego oscylograf ma głównie służyć. Tak np. oscylograf firmy AEG ma $\Delta < 5\%$, przyczem krzywe generatorów (do których badania oscylograf ma służyć) mają kształt podawany z taką mniej więcej dokładnością¹¹⁾.

b. Nieostrość krzywej dla wyższych frekwencji. Ze zmianą struktury pola związana jest też inna wada oscylografu katodowego: nieostrość krzywej przy wyższych frekwencjach napięcia sterującego. Zjawisko to wymaga wyjaśnienia samego mechanizmu koncentrowania wiązki katodowej przez gaz znajdujący się wewnątrz oscylografu. Elektrony wiązki katodowej jonizują napotkane po drodze cząstki gazu, wytwarzając pewną liczbę wolnych jonów i elektronów. Jony jako znacznie mniej ruchliwe tworzą rdzeń wiązki, elektrony zaś jej powłokę. W ten sposób elektrony samej wiązki są przyciągane ku środkowi, odpychane z zewnątrz, zatem koncentrowane w osi wiązki. Całe to urządzenie koncentrujące¹⁰⁾, działające podobnie jak szereg ciękich soczewek rozmieszczonych wzdłuż promienia świetlnego



Rys. 11.
Wdg. M. v. Ardenne.

i poruszających się razem z nim¹²⁾, wytwarza sam promień katodowy w każdorazowym swem położeniu. Ale do wytworzenia się stopnia jonizacji która by starczyła do skoncentrowania promienia katodowego potrzeba odpowiedniego czasu. Stąd, gdy szybkość biegu promienia wzdłuż ekranu jest duża (wysoka frekwencja, duże drogi zakreślane) rysunek na ekranie zaczyna przybierać kontury zamazane. Nieostrość ta powoduje pogrubienie kreski, a zatem i zwiększenie błędu przytoczonego pod I. l. a. Błąd ten zaczyna występować silniej przy $\nu \geq 10^6$ l/sek (rys. 12), przyczem granicę tę można przesunąć ku wyższym frekwencjom, przez zastosowanie wodoru jako gazu wypełniającego¹²⁾ 5) 6) 7).

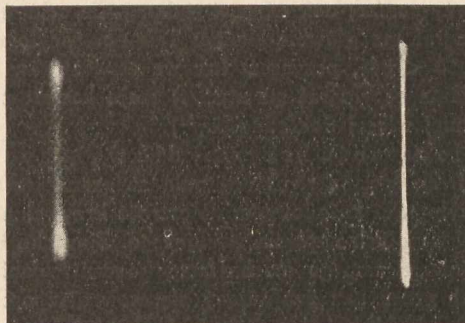
c. Drgania jonowe powodują podobny błąd spowodowany się do nieostrości krzywej. Powstaje ona, jeżeli promień będzie się poruszał wzdłuż ekranu z prędkością $v \cong 100$ m/sek, zaś napięcie anodowe przekracza 2000 V. Powstają wtedy drgania promienia o frekwencji prawie stałej ($\nu = \sim 50$ kc/sek). Zjawisko to jest spowodowane perjodycznym zubożeniem ładunku ścian oscylografu katodo-

¹¹⁾ G. Dobke. Eine neue Braunsche Röhre kleiner Strahlgeschwindigkeit. Z. f. tech. Phys. 1932 13 433.

¹²⁾ Die Geometrie des Beschleunigungsfeldes in ihrer Bedeutung für gaskonzentrierte Elektronenstrahle. Z. f. Ph. 1932 26.

¹⁰⁾ W literaturze polskiej: S. Dunikowski. Oscylograf katodowy. Przegl. El. 1934 9 278.

wego przez wolne jony. Ładunek ten można związać przy pomocy uziemionej okładki metalicznej umieszczonej na szyjce oscylografu. Wtedy też znikają drgania jonowe¹²⁾ 6).



Rys. 12.

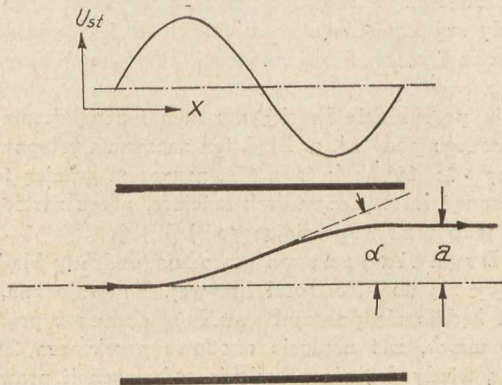
Odcinki otrzymane frekwencjami dłuższy 50 1/sek, krótszy 10⁶ 1/sek.

2. Błędy powstające skutkiem skończonej prędkości elektronów tworzących strumień katodowy.

a. Zmniejszenie czułości. Równanie określające wychylenie plamki świetlnej

$$y = \frac{l \cdot L}{a E_a} U_{st} = \text{const.} \cdot U_{st}$$

zachowuje swą ważność jak długo możemy przyjąć $U_{st} = \text{const.}$ w czasie przebiegania każdego z elektronów wiązki katodowej w polu elektrod sterujących. Przy bardzo dużych frekwencjach napięcia sterującego będzie natężenie pola, dla każdego elektronu wiązki, różne w każdym z kolejnych położenia tego elektronu. Ponieważ końcowe wychylenie (y) elektronu z jego początkowego toru jest następstwem działania całych elektrod sterujących, zatem dla wysokich frekwencji napięcia sterującego wychylenia promienia będzie funkcją prędkości elektronów (a więc pośrednio także napięcia anodowego) oraz długości elektrod sterujących. Zależność tę najlepiej uzmysłowi przykład: przyjmijmy, że czas przebiegu elektronu w polu elektrod sterujących jest równy okresowi drgań mierzonych. Wówczas rozkład napięcia jaki każdy z elektronów napotka na swej drodze w obrębie elektrod sterujących możemy przedstawić jak to wskazuje rys. 13. Elektron wyjdzie zatem z pomiędzy elektrod steru-



Rys. 13.

jących równoległe do osi oscylografu, jedynie z drobnym przesunięciem α , które możemy pominąć wobec wychylenia y jakie otrzymałby elektron wybiegający pod kątem α . Rozumowanie powyższe jest tylko przybliżone, gdyż skutkiem ma-

łej, w stosunku do prędkości światła (c), prędkości elektronu (v_0) czas (t') przebiegu elektronu między płytkami, dla którego rozkład napięcia byłby taki, jak na rys. 13 musi być zmieniony w stosunku $\frac{c}{v_0}$ w myśl relacji:

$$\left. \begin{aligned} c T &= \lambda = l \\ v_0 t' &= l \end{aligned} \right\} \text{stąd } t' = \frac{c}{v_0} T$$

przyczem T oznacza okres, l długość elektrod sterujących zaś λ długość fali napięcia sterującego. Inaczej mówiąc rozumowanie powyższe oznacza, że zjawisko będzie przebiegać wdg. naszego pierwszego rozumowania już dla napięcia sterującego o długości fali:

$$\lambda = l \frac{c}{v_0}$$

a więc dłuższej od płytek. Naodwrot, dla elektrod sterujących o długości:

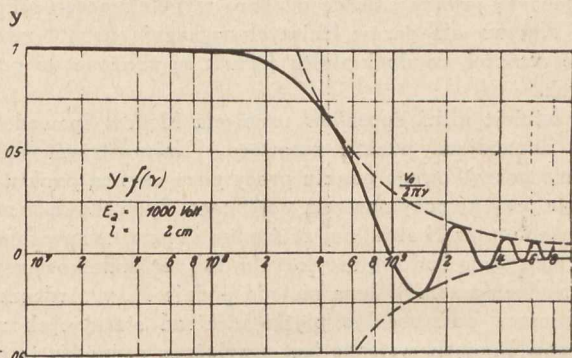
$$l_0 = \lambda \frac{v_0}{c}$$

elektron będzie przebywał między płytkami przez okres T . Całe rozumowanie zachowuje również ważność dla n okresów przebiegu badanego. Stąd znów wywnioskujemy, że oscylograf ten będzie praktycznie całkowicie nieczuły dla:

$$l_0 = n \lambda \frac{v_0}{c} = 2 n \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{v_0}{c}$$

osiągnie zaś maxima czułość dla:

$$l_0 = (2n-1) \frac{\lambda}{2} \frac{v_0}{c}$$



Rys. 14.

Zmiany wychylenia plamki świetlnej w zależności od frekwencji napięcia mierzonego (wdg. Hollmanna).

Dokładna analiza matematyczna¹³⁾ zjawiska prowadzi do wniosku, że dla stałej długości płytek i zmiennej frekwencji otrzymamy wahania kąta pod jakim promień katodowy opuści elektrody sterujące, a więc i wychylenia y wdg. rys. 14.

Krótko możemy streścić powyższe rozważania:

1. Czułość oscylografu w każdym razie maleje ze wzrostem frekwencji.

2. Przy stałej długości elektrod sterujących i stałym napięciu anodowym czułość dla pewnych frekwencji jest równa 0, dla innych jest maksymalna.

Aby się uchronić od niepożądanych skutków tego zjawiska staramy się przedewszystkiem jaknajwięcej zbliżyć do wartości dla których czułość osiąga największe wartości. Jak widzieliśmy maxima czułości występują zawsze, jeżeli:

$$l_0 = (2n-1) \frac{\lambda_{\min}}{2} \frac{v_0}{c}$$

zatem nie chcąc pozwolić na duże zmniejszenie się czułości

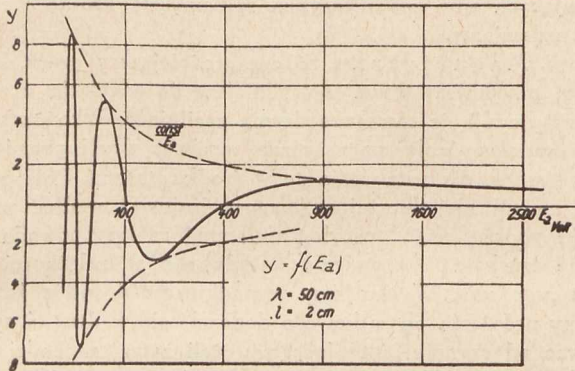
¹²⁾ M. v. Ardenne. Die Kathodenstrahlröhre und ihre Anwendung in der Schwachstromtechnik. Springer, 1933.

¹³⁾ Hollmann. Die Braunsche Röhre bei sehr hohen Frequenzen. Z. f. Hochfr. u. El. Ak. 1932 40 97.

oscylografu w czasie badania przebiegu w którym najkrótszą falą występującą jest λ_{\min} musimy dać:

$$l_0 \leq \frac{\lambda_{\min} v_0}{2c}$$

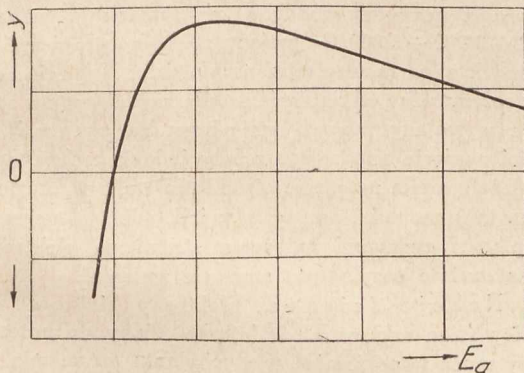
Ma to jednak tę wadę, że wraz ze zmniejszeniem l_0 (skracanie elektrod) maleje również czułość oscylografu ($c_{sr} = \text{const. } l_0$).



Rys. 15.

Zmiany wychylenia w zależności od napięcia anodowego (obliczone wg. Hollmanna).

Drugim środkiem usunięcia spadania czułości do 0 dla danej frekwencji i danej długości płytek jest zmiana napięcia anodowego (E_a), a z niem prędkości poruszania elektronów (v_0). Zmiany wychylenia w zależności od E_a podaje rys. 15 i 16.



Rys. 16.

Zmiany wychylenia w zależności od napięcia anodowego znalezione doświadczalnie dla jednego z maksimów rys. 15. (wg. Hollmanna).

Widzimy, że jeżeli tylko oscylograf katodowy jest zdolny do pracy w odpowiednio szerokim zakresie E_a to zawsze możemy pracować w okolicy jednego z maksimów czułości. Dla orientacji przeliczymy λ_{\min} dla przytoczonego w poprzednich przykładach oscylografu. W oscylografie tym mamy:

$$l_0 = 1,27 \text{ cm}; E_a = 350 \text{ V}$$

oznaczamy:
nabój elektronu e masa elektronu m

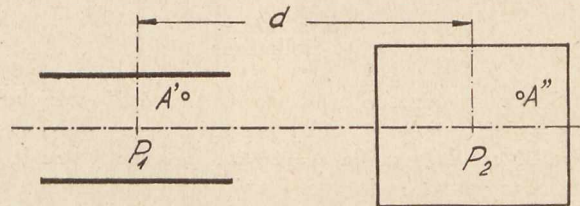
stąd otrzymamy:

$$v_0 = \sim 593 \sqrt{E_a} = 11,1 \cdot 10^8 \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$$

$$\lambda_{\min} \geq 2 l_0 \frac{c}{v_0} = 2 \cdot 1,27 \frac{3 \cdot 10^{10}}{1,11 \cdot 10^{10}} = \sim 69,3 \text{ cm.}$$

b. Przesunięcie fazowe. Jeżeli doprowadzimy napięcia sinusoidalne równocześnie na obie pary elektrod sterujących wzajem prostopadłych, to z otrzymanego obrazu możemy ocenić ustosunkowanie fazowe tych na-

pięć¹⁴⁾ ¹⁵⁾. Jeżeli jednak frekwencja napięć badanych jest tego rzędu, że czas przebiegu elektronu wiązki katodowej od środka jednej pary płyt do środka drugiej (wzdłuż drogi d) jest zbliżony do okresu przebiegów badanych, wówczas oba badane napięcia zachowują się tak, jakgdyby miały dodatkowe przesunięcia fazowe wzgl. siebie. Elektron bowiem biegnący z prędkością v_0 , który w chwili t znajdował się w punkcie A' elektrod P (rys. 17), znajduje się w odpowiadającym punkcie (A'') drugiej pary elektrod sterujących w czasie $t + \vartheta$ przyczem: $\vartheta = \frac{d}{v_0}$; zatem jeżeli w miejscu A' działało nań napięcie sterujące: $U'_{st} = B' \sin \omega t$ to w punkcie A'' jest on pod wpływem napięcia: $U''_{st} = B'' \sin \omega (t + \vartheta)$; na ekranie otrzymamy obraz taki, jakgdyby pomiędzy napięciami na poszczególnych parach elektrod istniało przesunięcie fazowe $\varphi = \omega \vartheta$, nawet w wypadku doprowadzenia na obie pary elektrod tego samego napięcia. Ponieważ $[\sin \omega t] = [\sin (\omega t + n \pi)]$ zatem dla wszystkich $\omega \vartheta = n \pi \dots n = 1, 2, 3 \dots$ otrzymamy prze-



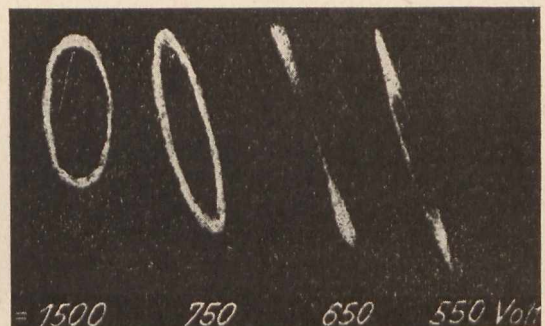
Rys. 17.

sunięcia fazowe 0° lub 180° . Odległość elektrod dla której zajdzie taki właśnie wypadek wynosi:

$$d = n \frac{v_0 \lambda}{c \cdot 2}$$

Widzomy zatem, że dla danej długości fali (λ) możemy usunąć przesunięcie fazowe:

1. Przy konstrukcji oscylografu doбором długości i odległości elektrod ($d = 0$),
2. W wykonanym oscylografie doбором napięcia anodowego, a z niem i v_0 , (rys. 18).
3. Istnieje jednak prosty sposób usunięcia tego błędu niezależnie od frakwencji, przez rozdzielenie jednej części elektrod na dwie części a' i a'' (rys. 19) z których a' znajduje się przed, zaś a'' za drugą parą elektrod (B); jeżeli tylko odległości środków płyt $d' = a'B = d'' = a''B$ są ściśle równe wówczas przebiegający między temi elektrodami elektron bę-



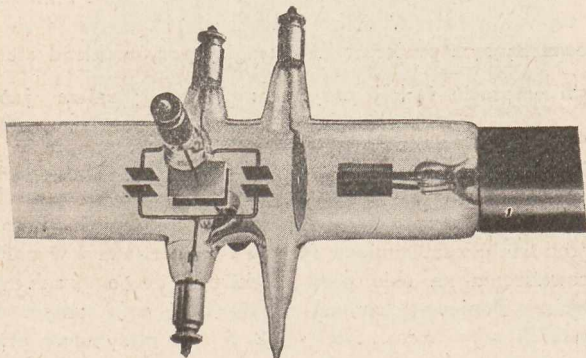
Rys. 18.

Zależność przesunięcia fazowego od napięcia anodowego wg. Hollmanna.

¹⁴⁾ Alberti Braunsche Kathodenstrahlröhren und ihre Anwendung. Springer, 1932.

¹⁵⁾ Wood A. B. Phase measurements with Cathode Ray Oscillograph. Rev. Sci, Instr. 1931.

dzie się zachowywał tak, jakgdyby między napięciami U'_a oraz U_B istniało przesunięcie fazowe $\varphi' = \omega \vartheta'$ zaś między U_B oraz U''_a : $\varphi'' = \omega (-\vartheta'')$ przyczem $\vartheta' = \frac{a'}{v_0'}$; $\vartheta'' = \frac{a''}{v_0''}$ czyli: $\varphi' = -\varphi''$ jeżeli tylko $\frac{a'}{v_0'} = \frac{a''}{v_0''}$ co w praktyce najczęściej zachodzi.



Rys. 19.
wdg. Holmanna.

Całkowite przesunięcie fazowe napięć U_A względem U_B : $\varphi = \varphi' + (-\varphi'') = 0$. Jako przykład mamy przytoczony na rys. 20 oscylogram dla $\lambda = 80$ cm. po prawej stronie dla normalnego oscylografu, po lewej dla wykonania wdg. Holmanna.

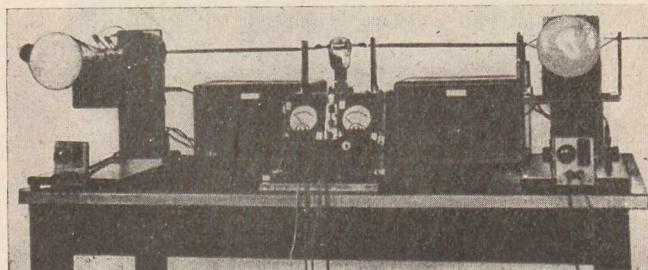
Granica stosowalności oscylografu katodowego.

Ogólnie biorąc czułość oscylografu katodowego maleje wraz ze wzrostem frekwencji; jednak przez zastosowanie odpowiednich środków możemy zawsze dla danej frekwencji otrzymać wskazania wierne w stosunku do rozpatrywanej krzywej. Istnieje jednak graniczna frekwencja dla której dany oscylograf zawodzi; granicę tę stanowi frekwencja własna pojemności wewnętrznych oscylografu oraz indukcyjności doprowadzeń niemożliwych do uniknięcia. Granica ta leży w okolicy $\lambda = 10 \div 20$ cm.

III. Błędy niezależne, oraz zależne nieregularnie od frekwencji i wielkości napięcia sterującego.

1. Pola rozproszenia.

a. Elektryczne. Jak każdy przyrząd elektrostatyczny jest także oscylograf bardzo czuły na wpływ zewnętrznych pól elektrycznych. Pola te są albo jednorodne, wówczas wywołują stały błąd we wskazaniach, albo też nie jednorodne i wówczas błąd wychylenia zależy od wielkości U_{st} oraz położenia punktu świecącego na ekranie. Stąd błę-



Rys. 20.
Wdg. M. v. Ardenne.

dy te są trudne, lub niemożliwe do ujęcia w formie cechowania. Środek zaradczy stosujemy tutaj ten sam, co dla normalnych przyrządów elektrostatycznych: jest nim uziemiona osłona metaliczna. Do tego celu istnieją oscylografy katodowe metalizowane przynajmniej w części zawierają-

cej elektrody sterujące. Metalizowanie takie zwiększa jednak pojemności elektrod, może być zatem stosowane jedynie dla częstości niższych, głównie akustycznych.

Elektrostatycznie działa również ładowanie elektrod sterujących i ścian oscylografu, wolnymi elektronami wytworzonymi przez strumień katodowy. Stąd zawsze staramy się jedną z elektrod każdej pary połączyć z anodą i wspólnie uziemić. Również, jeżeli używamy tylko jednej pary elektrod sterujących wówczas nieczynną spinamy na krótko i również uziemiamy.

b. Magnetyczne. Są one groźniejsze w swym działaniu; przedewszystkiem są trudniejsze do usunięcia, a nadto wytwarzają je same urządzenia zasilające. Wkońcu sami wprowadzamy pole magnetyczne w obręb drogi promienia katodowego, dla ustawienia go w środku ekranu. Pole takie jest naogół niejednostajne (magnes linjowy) wzdłuż przekroju poprzecznego oscylografu, musi zatem powodować różne wychylenia promienia katodowego w zależności od jego położenia. W skrajnym wypadku, może ono z jednej strony położenia początkowego dodawać się, z drugiej odejmować od czynnika sterującego. Jeżeli zatem zachodzi potrzeba użycia dodatkowego pola centrującego promień katodowy wówczas musimy starać się o możliwie najdokładniejszą jego jednostajność⁹⁾. Naogół staramy się usunąć wszelkie źródła pól magnetycznych możliwie daleko od oscylografu; jeżeli zaś jest to niemożliwe (pole ziemskie!), wówczas włączamy ich działanie do cechowania, oraz pamiętamy, że cechowanie to jest tak długo ważne, jak długo nie zmieniły się ani natężenia tych pól, ani też położenie oscylografu względem nich.

c. Opór w obwodzie anodowym. Normalnie umieszczamy pomiędzy anodą a „+” baterii ją zasilającej opór $R = 2000 \div 5000 \Omega$ mający na celu ograniczyć prąd na wypadek zwarcia wewnątrz oscylografu. Napięcie anodowe jest zatem różne od napięcia źródła zasilającego o spadek napięcia wywołany prądem emisyjnym na oporze R . Od wielkości napięcia anodowego zależy jednak czułość oscylografu. Jeżeli zatem natężenie strumienia waha w czasie pracy (stan taki zachodzi np., w telewizji, gdzie sterujemy jasność plamki zmianami natężenia strumienia elektronów), wówczas czułość oscylografu musi się zmieniać.

d. Naboje ściennie. Elektrony biegnące wolno w okolicy ścian szklanych ładują te ściany do potencjału V , który może współdziałać w wychyleniu strumienia katodowego, a więc i fałszować wyniki. Działanie tego ładunku można usunąć metalizowaniem oscylografu, co ma jednak wyżej już wspomniane wady. Ponieważ jednak większość ładunku ścian stanowią elektrony użytecznego strumienia katodowego wracające od ekranu ku anodzie, zatem celem unieszkodliwienia ich działania można zastosować bądźto połączenie metaliczne ekranu z anodą, bądź też anodę walcową otaczającą płytki sterujące⁴⁾.

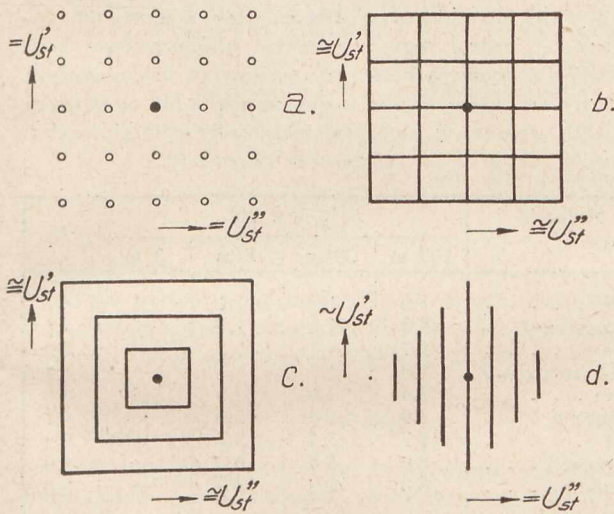
e. Nieprostokątność obu par elektrod sterujących powoduje zmianę układu prostokątnego sprzężonych na ukośnokątny. Otrzymujemy zatem zniekształcenie wielkości badanej.

Na zakończenie należy omówić kwestję cechowania oscylografu katodowego. Nawiązując znów do normalnych przyrządów elektrycznych możemy powiedzieć, że mniej nam zależy na dużej dokładności oscylografu, niż na stałości jego wskazań. Jeżeli bowiem czułość i położenie początkowe plamki nie zmieniałyby się z czasem, to jednorazowym cechowaniem moglibyśmy się na pewien czas uniezależnić od błędów. Tak byłoby przynajmniej, jeżeli chodzi o błędy powstałe przy zmianach wielkości napięcia sterującego. Inaczej jest z odchyleniami powstającymi przy zmianach frekwencji. I to jeszcze nie pozwalałoby nam

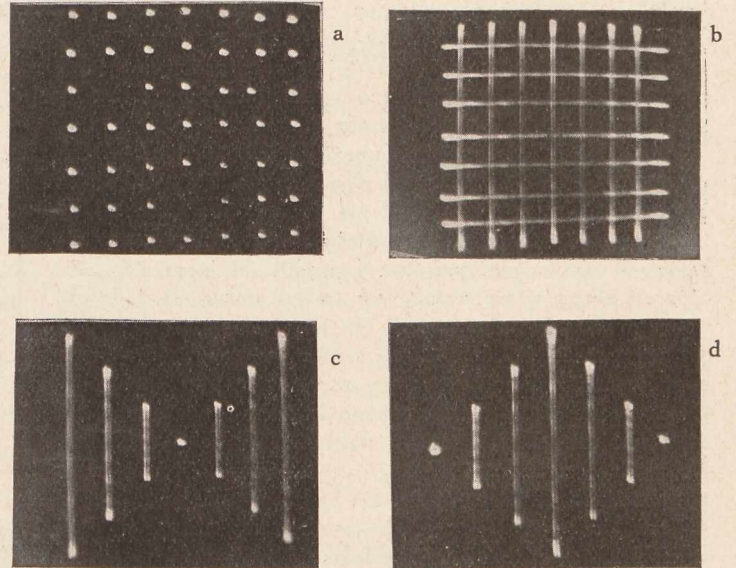
na ocenę wielkości błędu, jeżeli krzywa rozpatrywana byłaby mieszaniną różnych częstości. Dlatego musimy różnicować cechowanie napięciem stałym i zmiennym o określonej frekwencji. Cechowanie takie daje nam wgląd jedynie w pewną część błędów. Nadto, jeżeli stwierdzimy, że pozostaje ono stałe z czasem, wówczas możemy przy-

w poprzednich przykładach, był w ciągu 12 miesięcy czynny w laboratorium East London College. Wykonano nim około 90 zdjęć, a cechowanie w tym czasie nie zmieniło się dostrzegalnie.

2. Cytowany w przykładach oscylograf katodowy był cechowany w Laboratorium Radjotechnicznym Politechniki



Rys. 21.
 $E_a = 350 \text{ V}; \Delta U_{st} = 8 \text{ V}.$



Rys. 22.
 $E_a = 350 \text{ V}; \Delta U_{st} = 8 \text{ V}.$

puszczać z dużym prawdopodobieństwem, że i dla innych frekwencji nie zaszła żadna zmiana, gdyż czynniki wywołujące te zmiany są tu i tam takie same.

Cechowanie napięciem stałym (rys. 21-a i 22-a) sprowadza się do zdjęcia położenia plamek świetlnych dla określonych skoków napięcia w obu układach elektrod. Otrzymana w ten sposób sieć punktów pozwala nam na określenie czułości dla każdej wielkości napięcia badanego.

Cechowanie napięciem zmiennym jest znacznie wygodniejsze, wymaga bowiem mniejszej liczby pomiarów. Zasilamy tutaj jedną parę elektrod sterujących napięciem stałym zmieniając skokami o znanej wielkości; drugą zaś napięciem zmiennym o znanej frekwencji i amplitudzie. Jeżeli postępowanie powtórzymy zmieniając jedynie rolę elektrod, otrzymamy sieć jak na rys. 21 i 22, podającą nam zachowanie się oscylografu dla danej frekwencji i amplitudy w każdym miejscu ekranu. Aby postępowanie to było kompletne dla danej frekwencji należałoby je jeszcze powtórzyć dla rozmaitych amplitud napięcia zmiennego. W przybliżeniu uskuteczniamy to zmianami amplitudy napięcia zmiennego w kolejnych jego położeniach (rys. 21 i 22 c, d).

Naturalnie z cechowań tych przeprowadzamy jedynie te, które są zbliżone do warunków w jakich nasz oscylograf będzie pracował.

Zachodziłoby jeszcze pytanie, jaka jest stałość z czasem takiego cechowania. Co do tego mogą jedynie przytoczyć dwa przykłady:

1. W pracy Mc. Cregor Morris'a i H. Wright'a mamy wzmiankę, że oscylograf katodowy typu podanego

Lwowskiej dwukrotnie: 10.II. 1934 oraz 1.V. 1934, przyczem zauważono maksymalne zmiany $\sigma: \leq 2\%$. W międzyczasie oscylograf był w użyciu około 10 godz.

Streszczenie.

Chcąc użyć gazowany oscylograf katodowy do pomiarów ilościowych musimy zdać sobie sprawę z błędów, jakimi te pomiary mogą być obarczone. Błędy te wynikają albo z użytej metody pomiarowej, i te należy rozważyć oddzielnie dla każdego przypadku, albo też z winy samego oscylografu katodowego; te ostatnie uwidaczniają się jako zmiany czułości. Możemy je ująć w trzy kategorie:

1. Zmiana czułości w zależności od chwilowej wartości wielkości mierzonej.
2. Zmiany czułości w zależności od frekwencji wielkości mierzonej.
3. Zmiany czułości pochodzące od czynników przypadkowych.

Według powyższego schematu omówiono błędy powodowane przez sam oscylograf katodowy podając równocześnie zasadnicze środki zaradcze. Dla przykładu przedyskutowano omawiane błędy dla oscylografu Standard Telephones and Cables Lmt. typ 4018 A. W końcu omówiono możliwość cechowania oscylografu katodowego, oraz granice stosowności takiego cechowania.

Na zakończenie składam serdeczne podziękowanie Panu Prof. Dr. Tadeuszowi Malarskiemu za umożliwienie wykonania niniejszej pracy, oraz inż. Cz. Kohnowi, za jej przejrzenie i cenne uwagi.

WIADOMOŚCI TECHNICZNE.

Nowe materiały izolacyjne.

(G. W. O. H. Wireless Engineer, czerwiec 1934.)

Prace nad udoskonaleniem sztucznych materiałów izolacyjnych, prowadzone zwłaszcza w Niemczech, doprowadziły do znalezienia szeregu dielektryków o danych zbliżonych do kwarcu i miki, materiałów naturalnych, uznanych dotychczas za najlepsze pod każdym względem z istniejących. Oba te materiały są jednakże kosztowne, trudne jeśli nie niemożliwe w obróbce i stanowią, zwłaszcza pierwszy, artykuł luksusowy, używany rzadko i tylko dla celów specjalnych gdzie koszt nie gra większej roli.

Obecnie mamy już materiały syntetyczne, o właściwościach zbliżonych, jeśli nie lepszych od kwarcu i miki których ceną właściwością jest to, że można im nadawać dowolne kształty, bez żadnej już po sformowaniu obróbki. Te nowe materiały ceramiczne składają się głównie z krzemianów magnezji, otrzymanych ze steatytu i talku. Materiał o własnościach równoważnych kwarcowi pod względem małych strat dielektrycznych nazywa się „Ultra - Calan”. Nadaje się on nawet dla fal ultra - krótkich. Z konsystencji podobny on jest do porcelany nie nadaje się więc dla obróbki lecz stosować go należy w przewidzianych zgóry gotowych formach. Tablica podaje wartość tangensa kąta stratności, który równa się prawie współczynnikowi mocy, dla szeregu materiałów, przy falach między 100 a 3 metrami. Stała dielektryczna podana jest w ostatniej kolumnie.

Choć większość podanych materiałów ceramicznych posiada straty większe od miki, są one jednak lepsze od tej ostatniej pod względem właściwości mechanicznych. Przedewszystkiem można im nadawać dowolne formy, choć wątpliwe czy można je prasować na tak cienkie płatki, jak mikę. Materiały ceramiczne są pozatem niewrażliwe na wilgoć i wysoką temperaturę. Ultra - calan jest bardzo lekki, ciężar właściwy jego wynosi 2,7, wytrzymałość na zgniecenie jest 8 000 kg/cm², na zginanie 1 600 kg/cm². Jego współczynnik rozszerzalności linowej, ważny czynnik przy budowie precyzyjnych kondensatorów powietrznych, jest za ledwie 8,6 · 10⁻⁶.

Rozwój materiałów izolacyjnych poszedł jeszcze w drugim, niemniej ważnym, kierunku powiększenia stałej dielektrycznej: wyniki są nadzwyczajne. Są to znowu materiały ceramiczne o dużej zawartości tlenu tytanu. Znanne tu są Condensa i Kerafar. Z materiałów zawartych w tablicy największą stałą dielektryczną posiada Mycalex a mianowicie 8, pozatem cyfrę tą osiąga kilka rodzajów szkła. Nowe materiały wyżej wymienione mogą być wyrabiane z dowolną stałą dielektryczną w granicach między 20 do 100 i wartość tg δ nie przekroczy wtedy jeszcze 40 · 10⁻⁴, przy czym straty wzrastają wraz ze stałą dielektryczną. Condensa nie posiada tak wybitnych właściwości mechanicznych jak Ultra - calan, jej wytrzymałość na zgniecenie wyraża

się jednak pokaźną jeszcze cyfrą 3 000 kg/cm², nadaje się zato do obróbki warsztatowej, można go toczyć, wiercić, ciągnąć, odlewać i wytlaczać, jak również wtapiać do niej elektrody z metalu. Można ją wyrabiać w kształcie rurek lub płytek o grubości w dół aż do 0,17 mm. Z materiałów tych, o stałej dielektrycznej dieścieć razy wyższej niż dotychczasowe, będzie można wyrabiać niektóre typy kondensatorów o wymiarach 10 razy mniejszych niż uprzednio.

Powyższe materiały izolacyjne stanowią już same przez się wielką zmianę w możliwościach radjotechniki; szybki ich rozwój rokuje duże nadzieje na przyszłość.

Materiał	tg δ × 10 ⁴				K
	λ = 100 m	30 m	6 m	3 m	
Kwarc.	1,0	1,0	1,1	1,1	4,7
Ultra-calan . .	1,0	1,0	1,1	1,1	7,1
Mika	1,7	1,7	1,7	—	7,0
Szkło kwarcowe	1,8	1,7	1,7	—	4,2
Calan	2,8	2,6	2,5	1,8	6,6
Frequenta . . .	3,0	2,8	2,6	—	6,1
Calit	3,7	3,4	3,2	—	6,5
Frequentit . . .	8,0	6,8	6,0	—	6,0
Mycalex	18,0	18,0	18,0	—	8,0

K. Lewiński.

BIBLIOGRAFJA

Kazimierz Krulisz, inż. el., mjr. wojsk. łączności: **Zasady radjotechniki, część I, podstawy teoretyczne.** Str. 460, rys. 243. Nakładem Sekcji Radjotechnicznej Stowarzyszenia Elektryków Polskich, wydane przy pomocy subsydjum Ministerstwa Poczty i Telegrafów i Instytutu Radjotechnicznego. Warszawa. 1934.

Świeżo opuścił prasę zeszyt, stanowiący dokończenie części I dzieła pod powyższym tytułem. Szczegółowe omówienie będzie podane w jednym z najbliższych zeszytów Przeglądu Radjotechnicznego.

Książka jest do nabycia w Stow. Elektryków Polskich, Warszawa, ul. Czackiego 3.

SPROSTOWANIE.

Do artykułu inż. A. Launberga p. t. „Oktoda“ (Przegl. Radjot. Zeszyt 15—16 z r. b.) wkradły się następujące omyłki drukarskie, które niniejszem prostujemy:

Str.	86 lewa szpalta	7-my wiersz od góry	zamiast	winnobyć
			rys. 3	rys. 1
86	„	„	cos (ω ₁ - ω ₂) t	$\frac{1}{2} \cos (\omega_1 - \omega_2) t$
87	prawa	24-ty	15	0,15
87	„	30-ty	3000	300
88	„	6-ty	zastosowania	zestrojenia
89	„	1-szy	0,25	25

