

*H. MIERZEJEWSKI I S. CEGLIŃSKI*

## **Opór elektryczny słupka złożonego z płytek mikrofonowych**

*La résistance électrique d'une colonne de plaques de microphone*

### **Sommaire**

Les auteurs ont mesuré la résistance électrique, en même temps que la réduction de la hauteur d'une colonne de plaques de microphone, en fonction de la charge exercée suivant l'axe de la colonne. Le chariot vertical de l'appareil (fig. 1) était muni d'une petite table pour placer un récipient calibré dans lequel on versait de l'eau. Le chariot était muni de guides à billes d'acier pour réduire le frottement. Les déplacements verticaux du chariot étaient mesurés par intermédiaire de l'optimètre de Zeiss, la résistance électrique d'après la méthode de Kohlrausch.

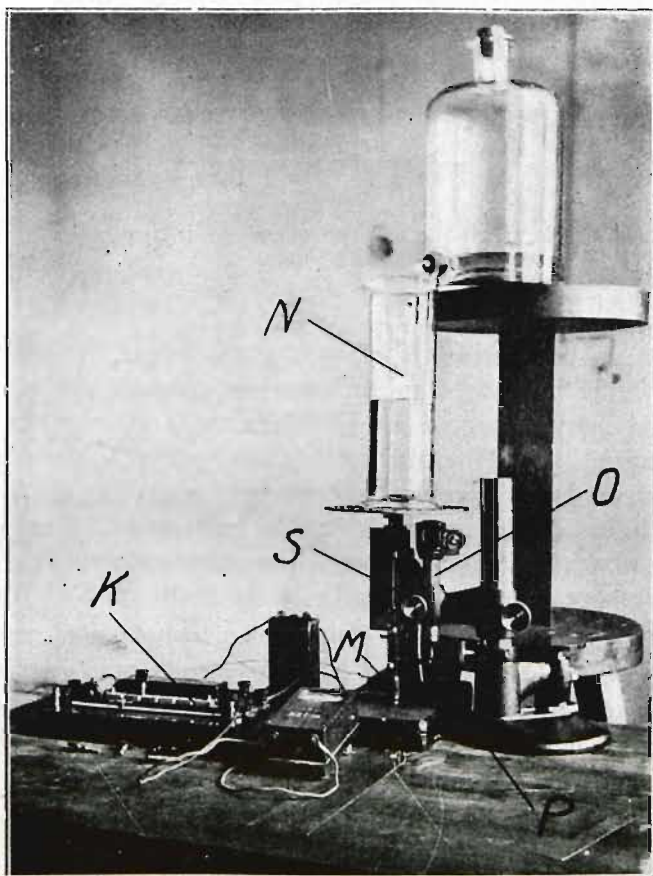
Les auteurs ont obtenu les diagrammes, représentés sur la fig. 2 et 3. Les cycles d'hystérésis étaient les plus étroits pour la charge variant depuis 4 à 6 kg. La résistance électrique était proportionnelle aux déplacements de la colonne avec la précision de 1 à 2% de cette résistance.

Ze względu na badanie szybkich drgań mechanicznych w ostatnich czasach zajęto się zastosowaniem zmiany oporu elektrycznego słupka złożonego z płytek mikrofonowych w zależności od obciążenia. Na tej zasadzie O. S. Peters i R. S. Johnston<sup>1)</sup> zbudowali w Bureau of Standards (Waszyngton) kilka pomysłowych dynamometrów, które posłużyły do przeprowadzenia pomiarów drgań w mostach i statkach powietrznych. Aby zdać sobie sprawę z wartości tej metody, przeprowadziliśmy doświad-

---

<sup>1)</sup> O. S. Peters and R. Johnston. New Developments in Electric Telemeters. Engineering. 116, 1923, str. 253.

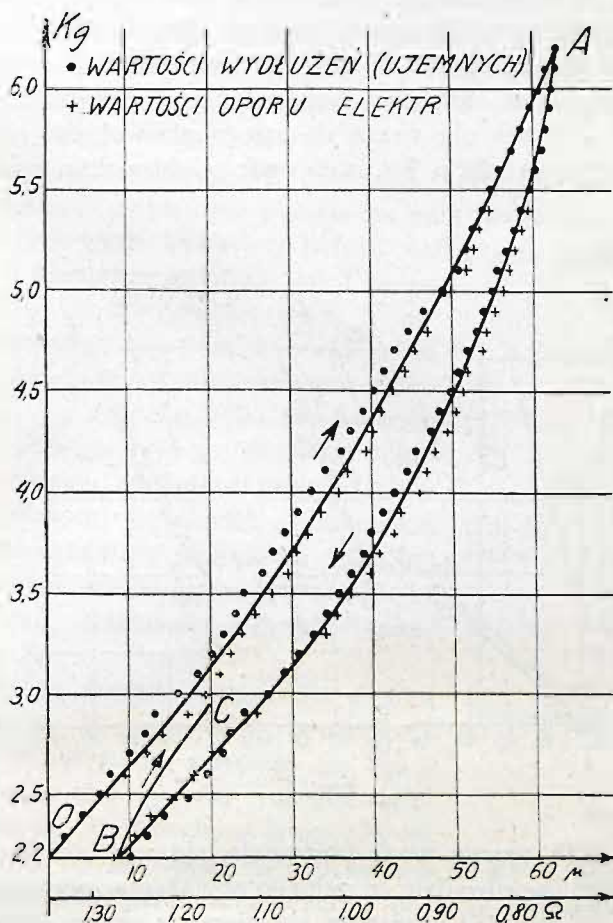
czenia mające na celu określenie stopnia czułości i pewności działania takiego dynamometru. W tym celu słupek węglowy wysokości 30 mm, złożony ze starannie wymytych w spirytusie płytek mikrofonowych o grubości 0.5 mm i średnicy 15 mm, obciążano stopniowo lub nagle, mierząc jego opór zapomocą mostka Kohlrauscha, zaś zmianę wysokości zapomocą optimetru Zeiss'a.



Rys. 1

Przyrząd w tym celu zbudowany jest przedstawiony na rys. 1. Składa on się z ruchomych saneczek *S*, przesuwających się w kierunku pionowym w prowadnicach odpowiedniej podstawki. Do górnej części saneczek jest przekręcony stolik, na którym stawia się kalibrowane naczynie szklane *N*. W dolnej części saneczki posiadają końcówkę, naciskającą na słupek węglowy *M* wzdłuż jego osi.

Nalewając lub wylewając wodę z naczynia szklanego, umieszczonego na stoliczku saneczek, można było zmieniać obciążenie słupka węglowego w granicach od 2,2 do 9 kg. Dzięki zastosowaniu prowadnic kulkowych tarcie saneczek przy przesuwaniu pionowem zmniejszone zostało do kilku gramów. Przesunięcia pionowe saneczek mierzone były zapomocą optymetru  $O$ , którego guziczek dotykał się lekkiej sztywnej poprzeczki  $P$ ,



Rys. 2

przymocowanej do saneczek. Nacisk stały guziczka optymetru wynosił około 20 gr. Przesunięcia mierzone były z dokładnością  $0.5 \mu$ , zaś opór elektryczny z dokładnością  $0.01 \Omega$  (przy pomocy mostka Kohlrauscha  $K$ ), co stanowi około  $1\%$  oporu całkowitego. Przy unikaniu wstrząśnięć, zwłaszcza przy nalewaniu lub wylewaniu wody za pośredni-



ctwem rurki kauczukowej, osiągniętą została zgodność kilku serii pomiarów.

Doświadczenia wykazały, że zależność oporu elektrycznego od obciążenia jest ta sama, co i zależność zmiany wysokości słupka węglowego od obciążenia. Innymi słowy: opór elektryczny jest dokładnie proporcjonalny do przyrostu (ujemnego, czy dodatniego) wysokości słupka. Widzimy, że w miarę nalewania wody opór maleje, zaś wysokość słupka zmniejsza się według tej samej krzywej  $O.A$  (rys. 2). Po doprowadzeniu ogólnego obciążenia słupka do 6,2 kg zaczęto zmniejszać obciążenie, wylewając wodę z naczynia na stoliczku. Temu okresowi doświadczenia odpowiada krzywa  $AB$ . Słupek nie wraca do swego pierwotnego położenia: jego wysokość zmniejszyła się o 9  $\mu$ , zaś opór elektryczny spadł z 1,35 do

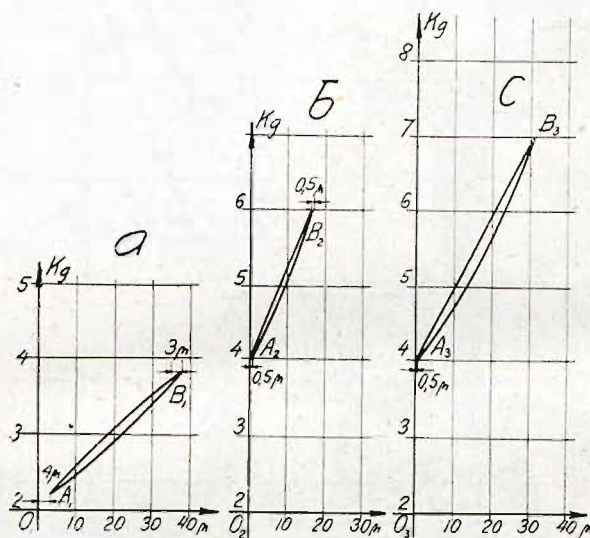


Fig. 3

1,27  $\Omega$ . Dolewając znowu wodę otrzymuje się wartości wzdłuż krzywej  $BC$ , przytem, jeśli doprowadzić do pełnego obciążenia, wynoszącego 6,2 kg, to okazuje się, że punkt  $A$  przesunie się nieco w prawą stronę. Po przejściu kilka razy od obciążenia najmniejszego do największego ustala się pewien stały cykl wartości, jak na rys. 3.

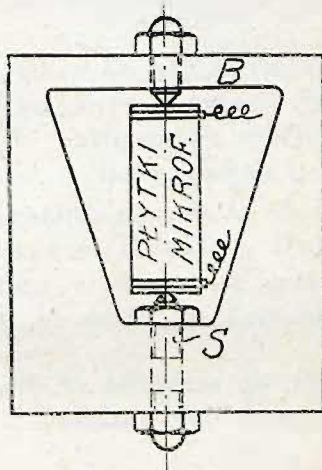
Krzywa  $OABC$  na rys. 2 przedstawia zarówno zależność oporu elektrycznego od obciążenia, jak i zależność zmiany wysokości słupka od obciążenia. Właściwie otrzymuje się dwa wykresy, nałożone jeden na drugi, dzięki odpowiedniemu doborowi skal na osi odciętych. Z wyników kilku doświadczeń tego rodzaju przekonaaliśmy się, że istnieje dokładna

proporcjonalność pomiędzy oporem elektrycznym, a zmianą wysokości słupka. Na specjalną uwagę zasługiwał przytem wielokrotnie sprawdzony fakt, że każde zakłócenie w postaci wstrząśnienia lub nagłego obciążenia w jednakowy sposób odbijało się na przesunięciu wskazówki optimetru, jak i na zmianie oporu elektrycznego. Charakter krzywej  $OABC$  i wykresów, podanych na rys. 3, wykazuje, że mamy tu do czynienia przede wszystkim ze zjawiskami hysterezy mechanicznej, badanej przez Bouasse'a i innych<sup>1)</sup>. Struktura materiału, z jakiego wykonane są płytki mikrofonowe, otrzymywane przez prasowanie specjalnie preparowanego proszku węglowego, pozwala przewidywać, że opóźnienia sprężyste przy odkształceniach odgrywać tu muszą poważną rolę.

Następna serja doświadczeń dotyczyła zależności pomiędzy zmianą wysokości słupka od obciążenia i miała na celu znalezienie takich warunków, przy których pętle hysterezy byłyby najwęższe. W tym celu obciążano słupek w granicach od 2,25 do 3,75 kg (rys. 3 a), nalewając i wylewając wodę z naczynia i uskuteczniając pomiary zapomocą optimetru w odstępach, odpowiadających zmianie obciążenia co 0,5 kg. Po 20-krotnym powtórzeniu pełnego cyklu obciążeń okazało się, że słupek stopniowo osiadał, dochodząc do stałych wysokości. Mianowicie punkt  $A_1$ , odpowiadający obciążeniu 2,25 kg, wykazał ostateczne przesunięcie 4  $\mu$ , zaś punkt  $B_1$ , odpowiadający obciążeniu 3,75 kg — przesunięcie około 3  $\mu$ .

Po 20-krotnej zmianie obciążenia w granicach od 4 do 6 kg (rys. 3 b) przesunięcia punktów  $A_2$  i  $B_2$  wynosiły zaledwie po 0,5  $\mu$  i odnośna pętla hysterezy była znacznie węższa. Po 20-krotnym obciążeniu w granicach od 4 do 7 kg, punkt  $A_3$  przesunął się o 0,5  $\mu$  zaś punkt  $B_3$  pozostał w miejscu. Przy obciążeniach przekraczających 7 do 8 kg zaobserwowano znaczne osiadanie słupka.

Na podstawie otrzymanych danych zbudowany został dynamometr (rys. 4) w kształcie płytki z okienkiem trapezowym, w którym umieszczony został słupek z płytek mikrofonowych. Beleczka  $B$  została



Rys. 4

<sup>1)</sup> Th. v. Kármán: Physikalischen Grundlagen der Festigkeitslehre. Enc. d. math. Wiss. Mechanik. Tom IV, str. 727, gdzie podana jest obszerna bibliografia przedmiotu.

tak obliczona, by w pewnych warunkach doświadczalnych, ugięcia jej odpowiadały zaobserwowanym wysokościom słupka, odpowiadającym obciążeniu od 4 do 6 kg. Zapomocą śrubki wewnętrznej  $S$  uregulowano początkowy opór, posługując się przytem omometrem. Wskazania tego dynamometru są pewne, pod warunkiem kilkakrotnego przejścia przez dany cykl obciążeń i unikania zbyt silnych wstrząśnień. Próby przystosowania tego dynamometru do zapisywania szybkich drgań są w toku.