Mgr inż. Edmund Romer
Zakład Optyki i Mechaniki Precyzyjnej

Nowy typ elektrometru kwadrantowego

Elektrometr kwadrantowy Doleżalka pomimo swych wielkich zalet na ogół nie cieszy się popularnością nawet w laboratoriach naukowych z powodu swej delikatności i wynikających stąd trudności posługiwania się nim. Zalety tego elektrometru, przede wszystkim znikoma pojemność i praktycznie nieskończenie wielki opór wewnętrzny, posiadają jednak tak wielkie znaczenie, że wciąż powtarzają się próby udoskonalenia go.

Elektrometr kwadrantowy, który mógłby znaleźć szersze zastosowanie, musi być znacznie lepszy pod względem mechanicznym od obecnych elektrometrów. Następujące czynniki decydują o mechanicznej dobroci przyrządu: stosunek masy obrotowego elementu przyrządu do uzyskiwanego momentu skręcającego, okres wahań przyrządu oraz stopień tłumienia. Moment skręcający elektrometru kwadrantowego wyraża wzór:

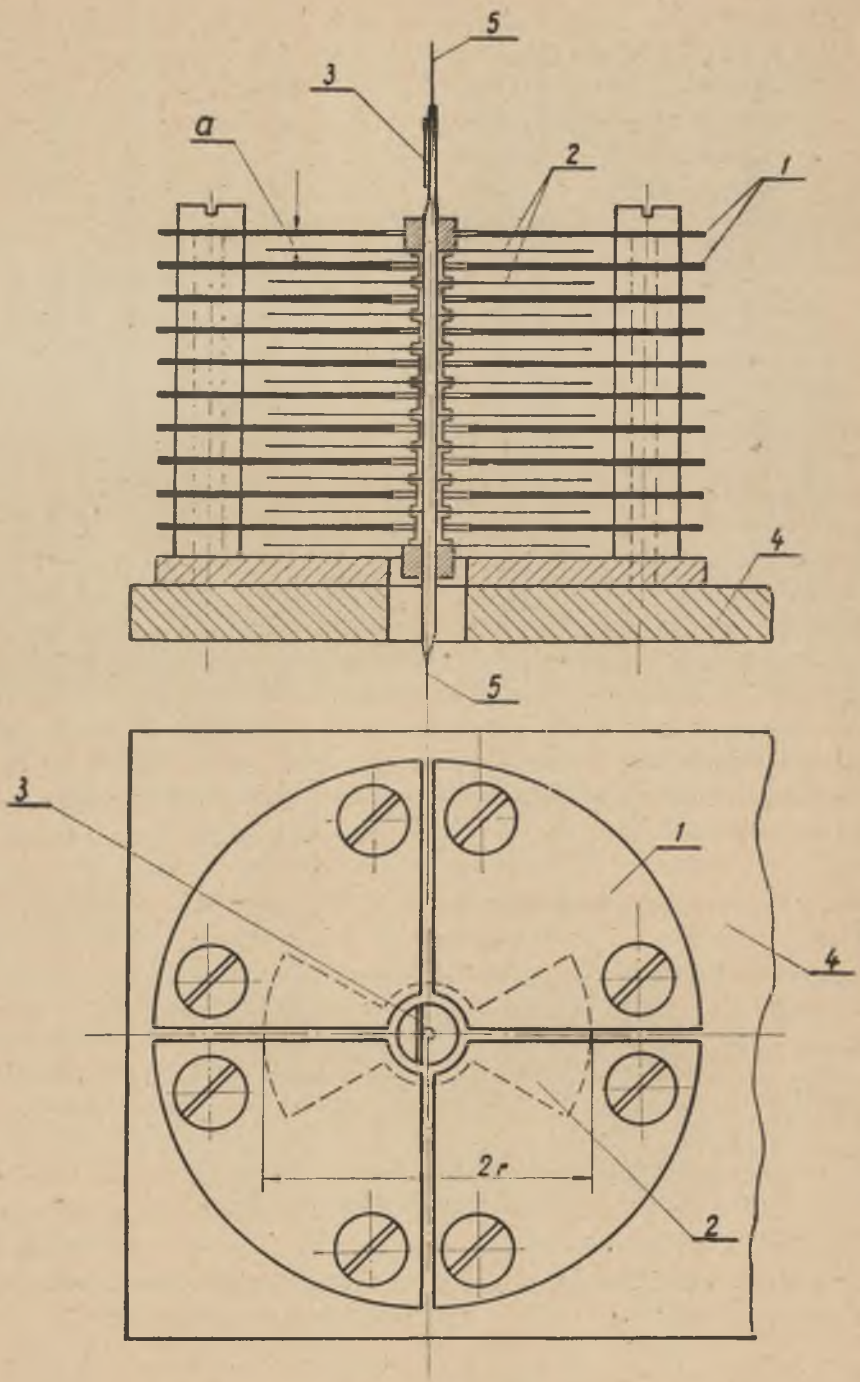
$$M = \frac{r^2}{4\pi a}(2UU_1 - U_1^2) \qquad (1)$$

gdzie: r — promień listka elektrometru, a — odległość między listkami a dnem i przykrywą kwadrantu (rys. 1). U — potencjał listka (potencjał pomocniczy, stały), U_1 — potencjał jednej z par kwadrantów (potencjał mierzony), przy czym przyjęto, że potencjał drugiej pary $U_2 = 0$, tj. że jest ona uziemiona. Jak widzimy, dla danych warunków elektrycznych możemy moment zwiększyć przez zmniejszanie a lub zwiększenie r. Wysokości kwadrantów ($2a$) nie można zmniejszyć poniżej pewnej granicy ze względów mechanicznych. Ze wzrostem promienia r masa listka rośnie szybciej niż uzyskiwany moment.

Na masę m części obrotowej elektrometru składa się masa aktywna m_1 (sam listek) i masa nieaktywna, m_2 (lusterko, uchwyt zawieszenia, oś). Powiększenie ilości listków do liczby n umieszczonych jeden pod drugim pozwala na zredukowanie masy przypadającej na jeden listek:

$$m = m_1 + \frac{m_2}{n} \qquad (2)$$

a więc także i na polepszenie stosunku M/m.



Rys. 1. Schematyczny przekrój kwadrantów

Zwielokrotnienie liczby listków przy małej ich średnicy jeszcze korzystniej wpływa na zmniejszenie momentu bezwładności elementu obrotowego elektrometru. Jeśli we wzorze (1) wszystkie czynniki prócz r przyjmiemy za niezmienne i oznaczymy je c_1, to uzyskać możemy określony moment M elektrometrem jednolistkowym lub n-listkowym, gdy r_1 i r_n spełnią równanie:

$$M = c_1 \cdot r_1^2 = n \cdot c_1 \cdot r_n^2, \text{ stąd: } r_n = \frac{r_1}{\sqrt{n}} \tag{3}$$

Ponieważ ze wzrostem promienia listka konieczne jest minimalne tylko zwiększenie jego grubości, z dostatecznym przybliżeniem możemy napisać:

$$I = c_2 \cdot r^4, \tag{4}$$

gdzie I oznacza moment bezwładności elementu obrotowego, c_2 — stałą. Jeśli zatem odpowiednimi znaczkami określimy momenty bezwładności elektrometru jedno- i n-listkowego o tym samym momencie zwrotnym, to

$$\frac{I_n}{I_1} = \frac{n \cdot c_2 \left(\frac{r_1}{nn}\right)^4}{c_2 \cdot r_1^4} = \frac{1}{n} \tag{5}$$

W tym bardzo uproszczonym rachunku nie uwzględniono szeregu drugorzędnych czynników. Zmniejszenie momentu bezwładności elementu obrotowego posiada decydujący wpływ zarówno na zmniejszenie okresu wahań przyrządu, jak i na polepszenie jego tłumienia. Np. okres wahań n-listkowego elektrometru będzie nn razy krótszy od okresu wahań analogicznego jednolistkowego elektrometru o tym samym momencie zwrotnym.

Z powyższych rozważań wysnułem następujące wytyczne dla konstrukcji „technicznego" elektrometru kwadrantowego:

1) wykonać listki o małej średnicy (ok. 30 mm),

2) zastosować większą ilość listków (10 szt.),

3) kwadrant zwielokrotnić dając możliwie mały odstęp a (rys. 1),

4) element obrotowy zawiesić na dwu naprężonych tasiemkach z brązu umocowanych od dołu i od góry,

5) zawieszenie tak umocować, by można było jednorazowo i na stałe wycentrować zespół listków w stosunku do kwadrantów, tj. zgrać zero mechaniczne z elektrycznym,

6) zastosować tak duży naciąg (naprężenie) tasiemek zawieszających, by drobne odchylenia od pionu nie psuły regulacji przyrządu.

Rysunek 1 przedstawia konstrukcję istotnej części elektrometru. Wstępne przeliczenia elektrometru o 10 listkach o średnicy 30 mm i pełnym wychyleniu przy $U = 500$ mV wykazały, że do zawieszenia zasto-

sować można tasiemkę z brązu o przekroju 7 × 70 μ, która wytrzymuje ok. 45 g obciążenia przy ciężarze elementu obrotowego ok. 0,5 g. Taka konstrukcja zapewnia odporność na wstrząsy i drobne przechylenia.

Wstępne pomiary wykazały istnienie liniowej zależności wychylenia od mierzonego napięcia oraz proporcjonalności czułości elekrometru do napięcia pomocniczego w szerokich granicach.