

Исследование гальванометра.

Дмитрий Павлов, 790

17 декабря 2018 г.

Содержание

1. Вступление.	3
1.1. Цель работы.	3
1.2. Оборудование.	3
1.3. Экспериментальная установка.	3
2. Словарь.	3
3. Практическая часть.	5
3.1. Определение динамической постоянной.	5
3.2. Определение критического сопротивления гальванометра.	6
3.3. Определение баллистической постоянной и критического сопротивления гальванометра, работающего в баллистическом режиме.	6
4. Вывод	7

1. Вступление.

1.1. Цель работы.

Изучение работы высокочувствительного зеркального гальванометра магнитоэлектрической системы в режимах измерения постоянного тока и электрического заряда.

1.2. Оборудование.

- Зеркальный гальванометр с осветителем и шкалой;
- Источник постоянного напряжения;
- Делитель напряжения;
- Магазин сопротивлений;
- Эталонный конденсатор;
- Вольтметр;
- Переключатель;
- Ключи;
- Линейка.

1.3. Экспериментальная установка.

Баллистический гальванометр состоит из подвешенной на вертикальной нити рамки, помещенной в поле постоянного магнита. Скрепленное с рамкой зеркальце служит для измерения угла поворота рамки. К рамке прикреплен полый цилиндр, который сильно увеличивает момент инерции и, следовательно, период колебаний подвижной системы, не очень ее утяжеляя.

Баллистический гальванометр позволяет измерять как постоянный ток (стационарный режим), так и заряд, протекший через рамку за некоторое время (баллистический режим).

2. Словарь.

- 1) ЭДС индукции.

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

- 2) Уравнение движения рамки:

$$\ddot{\varphi} + 2\gamma\dot{\varphi} + \omega_0^2\varphi = KI, \quad (1)$$

где γ - коэффициент затухания, ω_0 - собственная частота колебаний рамки.

- 3) Динамическая постоянная гальванометра:

$$C_1 = \frac{I}{\varphi}.$$

4) Свободные колебания рамки.

Движение в отсутствии внешних источников тока, $I = 0$.

Начальные условия: $t = 0, \varphi = 0, \dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0$.

При этом уравнение движения приобретает вид:

$$\ddot{\varphi} + 2\gamma\dot{\varphi} + \omega_0^2\varphi = 0. \quad (2)$$

5) Колебательный режим $\gamma < \omega_0$. Решение уравнения 1 имеет вид:

$$\varphi = \frac{\dot{\varphi}}{\omega} e^{-\gamma t} \sin \omega t, \quad (3)$$

где $\omega^2 = \omega_0^2 - \gamma^2$.

Период колебаний равен:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}}. \quad (4)$$

Если затухание мало, то

$$\varphi = \frac{\dot{\varphi}}{\omega_0} \sin \omega_0 t, \quad (5)$$

6) Критический режим $\gamma = \omega_0$.

Решение уравнения 2 в этом случае имеет вид:

$$\varphi = \dot{\varphi}_0 t e^{-\gamma t}. \quad (6)$$

Движение не имеет колебательного характера: отклоненная подвижная система после отброса почти экспоненциально приближается к нулю.

7) Затухание велико, $\gamma > \omega_0$.

Решение 2 в этом случае имеет вид:

$$\varphi = \frac{\dot{\varphi}}{\kappa} e^{-\gamma t} \sinh \kappa t, \quad (7)$$

где $\kappa^2 = \gamma^2 - \omega_0^2$.

8) Баллистическая постоянная гальванометра.

$$C_Q = \frac{q}{\varphi_{\max}}.$$

9) Отношение баллистических постоянных:

$$\frac{C_{Q_{\text{кр}}}}{C_{Q_{\text{св}}}} = e.$$

3. Практическая часть.

3.1. Определение динамической постоянной.

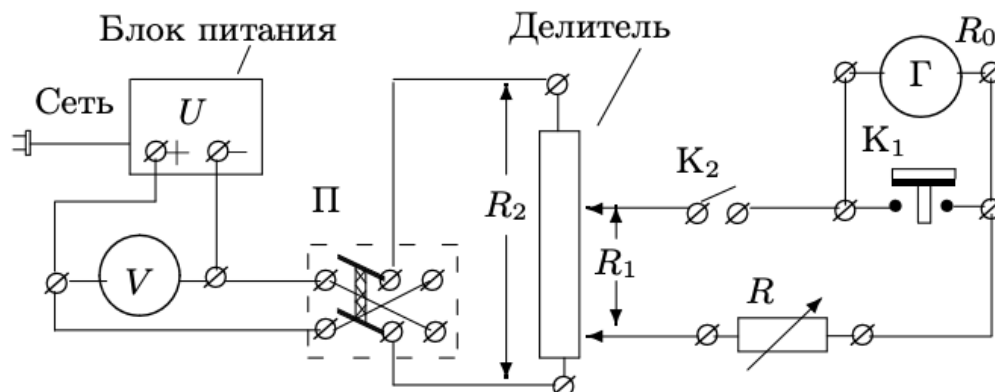


Рис. 1. Схема установки для работы гальванометра в стационарном режиме.

Найдем динамическую постоянную гальванометра. Для этого определим зависимость тока I от координаты светового пятна x .

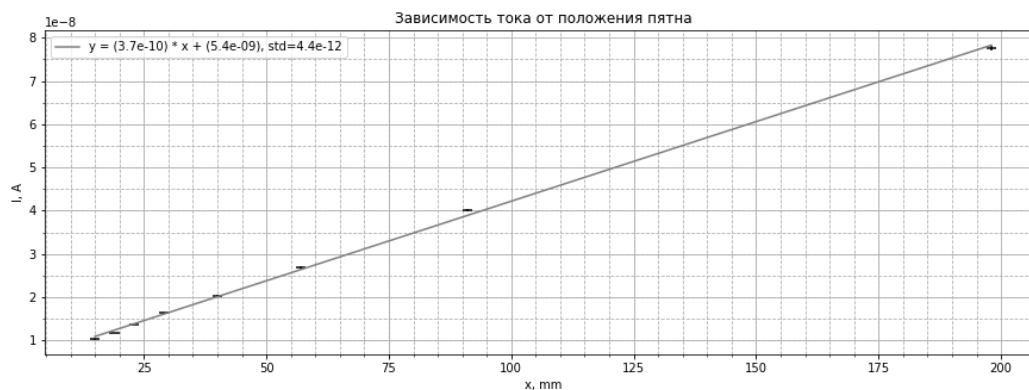
$$\sigma_R = 10\text{ Ом}, \sigma_x = 1\text{ мм}, \sigma_U = 0.01\text{ В} \quad (8)$$

	1	2	3	4	5	6	7	8
$R, \Omega \cdot 10^3$	8	16	24	32	40	48	56	64
$x, \text{ мм}$	198	91	57	40	29	23	19	15
$I, \text{ А} \cdot 10^{-8}$	7.76	4.00	2.69	2.03	1.63	1.36	1.17	1.02

Остальные параметры:

- $U_0 = 1.32 \text{ В}$;
- $R_1/R_2 = 1/2000$;
- $R_2 = 10 \text{ кОм}$;
- $R_0 = 500 \text{ Ом}$.
- $L = 120 \pm 1 \text{ см}$.

Построим график зависимости:



По полученному уравнению прямой находим динамическую постоянную гальванометра:

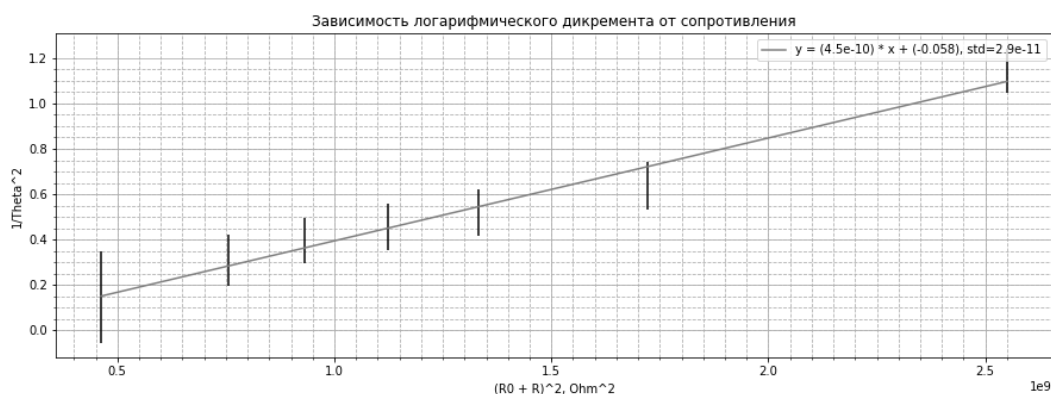
$$C_I = \frac{2aI}{x} = (88 \pm 3) \cdot 10^{-9} \frac{A}{\text{мм/м}}. \quad (9)$$

3.2. Определение критического сопротивления гальванометра.

Рассчитаем логарифмический декремент затухания Θ и построим график зависимости $1/\Theta^2$ от $(R + R_0)^2$ и по наклону прямой определим критическое сопротивление.

	0	1	2	3	4	5	6
$R, \text{Ом} \cdot 10^3$	21	27	30	33	36	41	50
$x_1, \text{мм}$	68	54	49	44	40	35	28
$x_2, \text{мм}$	5	9	10	10	10	10	11
Θ	2.6	1.79	1.59	1.48	1.39	1.25	0.93

Построим график зависимости:



По полученному уравнению прямой находим критическое сопротивление:

$$R_{cr} = (7000 \pm 900) \Omega. \quad (10)$$

3.3. Определение баллистической постоянной и критического сопротивления гальванометра, работающего в баллистическом режиме.

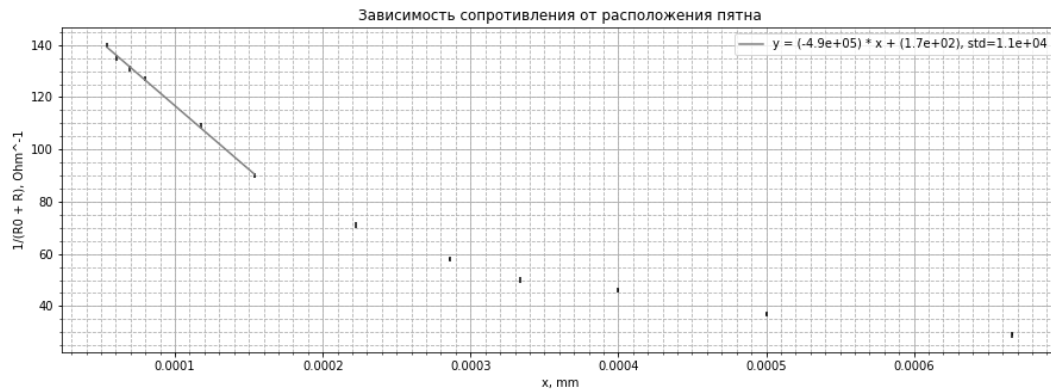
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$R, \text{Ом} \cdot 10^3$	18	16	14	12	8	6	4	3	2.5	2	1.5	1
$x, \text{мм}$	140.0	135.0	131.0	127.0	109.0	90.0	71.0	58.0	50.0	46.0	37.0	29.0

Остальные параметры:

- $x_{max} = 27 \text{ см}$;
- $C = 2 \text{ мкФ}$

Определим $x_{кр} = 99 \text{ мм}$ и $C_{Qкр} = 2a \frac{R_1}{R_2} \frac{U_0 C}{l_{maxкр}} = (91 \pm 9) \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кл}}{\text{мм/м}}.$

Построим график зависимости x от $1/(R_0 + R)$. Так как у нас получается нелинейная зависимость, то рассмотрим хорошо аппроксимирующие точки начала кривой.



Из получившегося уравнения прямой получаем критическое сопротивление

$$R_{кр} = (6900 \pm 700) \text{ Ом}. \quad (11)$$

4. Вывод

Определили характеристики баллистического гальванометра: $C_I = (88 \pm 3) \cdot 10^{-9} \frac{\text{А}}{\text{мм/см}}$, $C_{Q_{кр}} = (91 \pm 9) \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кл}}{\text{мм/м}}$. Также определили критическое сопротивление двумя различными способами, которые согласуются с экспериментом.

Эксперимент	$\sim 7000 \text{ Ом}$
Динамический способ	$(7000 \pm 900) \text{ Ом}$
Баллистический способ	$(6900 \pm 700) \text{ Ом}$