

Ćwiczenie 54

Drgania relaksacyjne

1 Przebieg doświadczenia

1.1 Przyrządy pomiarowe

- Stoper o dokładności pomiarów 0,01s, niepewność eksperymentatora (związana z czasem reakcji) $u(t) = 0,2s$.

1.2 Wyniki pomiarów

W tabeli podano zmierzone czasy 20 okresów drgań $t[s]$, a także wyliczone okresy $T[s]$ i stałe $K = \frac{T}{RC} [\frac{s}{\Omega F}]$. Zaparafowana oryginalna tabela pomiarów – załączona.

$C[\mu F]$	$R_1 = 1,4M\Omega$			$R_2 = 2,6M\Omega$		
	t	T	K	t	T	K
1	10,88	0,54	0,389	19,50	0,98	0,375
2	21,97	1,10	0,392	39,90	2,00	0,384
3	32,53	1,63	0,387	59,75	2,99	0,383
4,5	48,15	2,41	0,382	87,84	4,39	0,375
5	53,78	2,69	0,384	94,91	4,75	0,365
6,5	69,16	3,46	0,380	126,37	6,32	0,374
7	74,41	3,72	0,380	135,91	6,80	0,373
8	84,65	4,23	0,378	163,16	8,16	0,392
9	100,44	5,02	0,400	182,12	9,11	0,389
C_x	39,72	1,99	—	72,44	3,62	—

Tabela 1: Wyniki doświadczenia i wartości K

1.3 Wyniki doświadczenia

Wartość stałej K układu: $0,381(40) \frac{s}{\Omega F}$. Wartość nieznannej pojemności $C_x = 3,683\mu F$.

2 Opis doświadczenia

2.1 Opis teoretyczny

W rozrzedzonych gazach mamy do czynienia z jonizacją (niewielkiej) części atomów pod wpływem tła promieniotwórczego. Jeśli wytworzymy w gazie różnicę potencjałów, wolne elektrony są przyspieszane, i uderzając w niezjonizowane atomy, jonizują je. Wskutek tego

następuje jonizacja lawinowa, a ponieważ każdemu procesowi jonizacji towarzyszy emisja energii w postaci fotonu, obserwujemy świecenie. Na tej zasadzie działają lampy neonowe. Każda z nich (w zależności od rodzaju, ciśnienia gazu, kształtu, kształtu elektrod) scharakteryzowana jest przez dwa napięcia, U_z zapłonu i U_g gaśnięcia. W tym zakresie napięć możliwe jest świecenie lampy, poza nim – nie występuje.

Weźmy obwód RC z przyłączoną równolegle do kondensatora neonówką. Po naładowaniu kondensatora do U_z popłynie prąd przez neonówkę, kondensator rozładowuje się do U_g , neonówka zgaśnie i zacznie izolować, kondensator naładuje się na nowo. Wiemy, że napięcie na kondensatorze zmienia się od początkowej wartości U_0 zgodnie z

$$U = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right), \quad (1)$$

Napiszmy zatem dla dwu wartości napięcia

$$U_z = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t_z}{RC}}\right), \quad (2)$$

$$U_g = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t_g}{RC}}\right), \quad (3)$$

czyli

$$t_z = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_z}, \quad (4)$$

$$t_g = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_g}, \quad (5)$$

$$t_l = t_z - t_g = RC \ln \frac{U_0 - U_g}{U_0 - U_z}, \quad (6)$$

gdzie t_l to czas ładowania kondensatora. Czas jego rozładowywania obliczymy z następującego równania (przyjmując $U = U_g$):

$$U = U_z e^{-\frac{t}{RC}}, \quad (7)$$

$$t_r = RC \ln \frac{U_z}{U_g}. \quad (8)$$

Zatem okres drgań relaksacyjnych wynosi

$$T = t_l + t_r = RC \ln \left(\frac{U_z U_0 - U_g}{U_g U_0 - U_z} \right). \quad (9)$$

gdzie wartość logarytmu (oznaczmy ją K) zależy wyłącznie od stałych napięć charakterystycznych neonówki, i stałego w doświadczeniu napięcia zasilania, czyli jest stała.

2.2 Opis układu doświadczalnego

Układ doświadczalny stanowi obwód elektryczny RC z neonówką dołączoną równolegle do kondensatora. Zmierzone zostaje 20 okresów drgań relaksacyjnych dla 2 wartości oporu (1,4 oraz 2,6 M Ω) i 9 znanych (1, 2, 3, 4, 5, 5, 6, 5, 7, 8, 9 μ F) i jednej nieznannej wartości C_x pojemności elektrycznej. Różne wartości pojemności uzyskiwane są przez łączenie równoległe kondensatorów o pojemności 1 μ F oraz pojemności 0,5 μ F uzyskanej przez szeregowo połączenie dwu kondensatorów jednomikrofaradowych.

3 Obliczenia

3.1 Opracowanie wyników

W tabeli na stronie 1 podano wartości K dla każdego pomiaru. Możemy wyliczyć ich wartości średnie dla każdego oporu R_1, R_2

$$K_{sr,1} = 0,382 \frac{\text{s}}{\Omega\text{F}}, \quad (10)$$

$$K_{sr,2} = 0,379 \frac{\text{s}}{\Omega\text{F}}, \quad (11)$$

$$K = 0,381 \frac{\text{s}}{\Omega\text{F}}, \quad (12)$$

a ze wzoru $C = \frac{T}{RK}$ wartości nieznannej pojemności C_x

$$C_{x,1a} = 3,679 \mu\text{F}, \quad (13)$$

$$C_{x,2a} = 3,676 \mu\text{F}, \quad (14)$$

$$C_{x,a} = 3,677 \mu\text{F}. \quad (15)$$

Policzenie osobno przypadków R_1, R_2 daje lepszą zgodność wyników.

Wykreślono zależności $T(C)$ dla obu oporów wraz z ich prostymi regresji postaci

$$T_1 = 0,542C_1 - 0,014, \quad (16)$$

$$T_2 = 1,008C_2 - 0,095. \quad (17)$$

Wyliczamy stąd drugim sposobem wartości C_x :

$$C_{x,1b} = 3,690 \mu\text{F}, \quad (18)$$

$$C_{x,2b} = 3,688 \mu\text{F}, \quad (19)$$

$$C_{x,b} = 3,680 \mu\text{F}. \quad (20)$$

Ostatecznie możemy przyjąć

$$C_x = 3,683 \mu\text{F}. \quad (21)$$

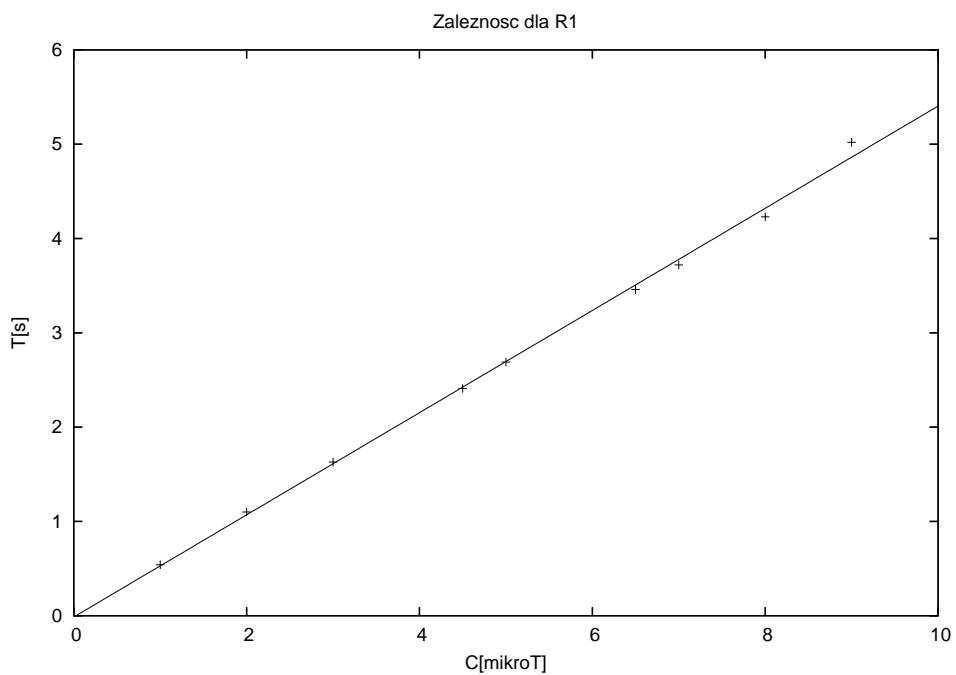
3.2 Rachunek błędów

Policzymy niepewność pomiaru K dla serii $1\mu\text{F}, 1,4\text{M}\Omega$, przyjmując $u(R) = 0$, $\frac{u(C)}{C} = 0,1$ oraz $u(T) = \frac{1}{20}u(t) = 0,01\text{s}$.

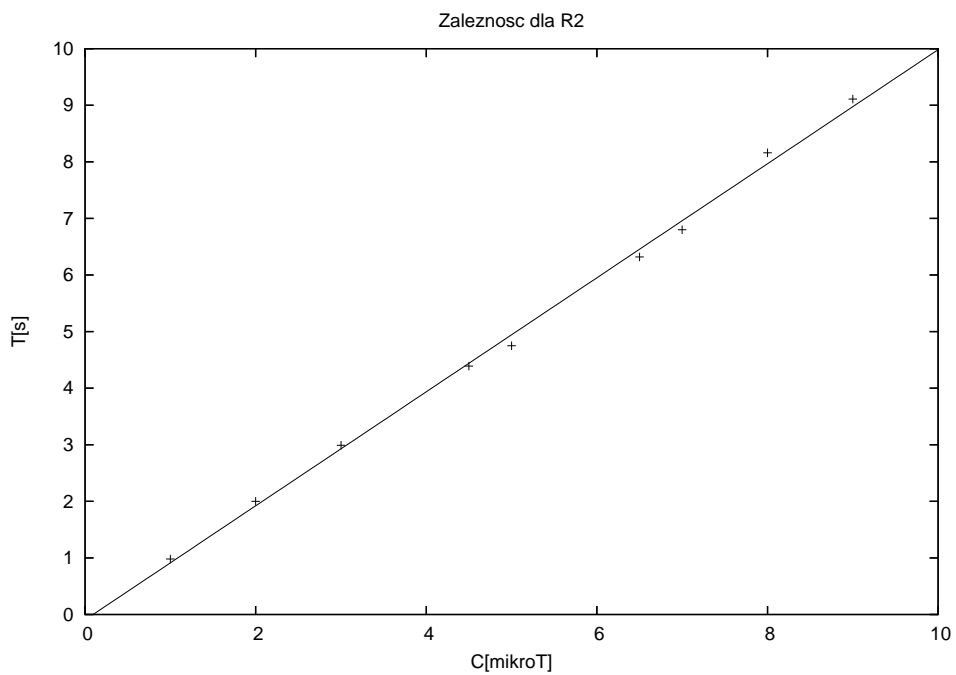
$$U(K) = \sqrt{\left(\frac{\partial K}{\partial C}u(C)\right)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial T}u(T)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{K}{C}u(C)\right)^2 + \left(\frac{K}{T}u(T)\right)^2} = 0,040 \left[\frac{\text{s}}{\Omega\text{F}}\right] \quad (22)$$

4 Wnioski

Doświadczenie potwierdziło teoretyczny przebieg procesów przebiegających w obwodzie. Wyznaczone wartości stałej K są do siebie zbliżone (choć bardziej rozrzucone dla pomiarów przy większym oporze). Wyliczone różnymi metodami wartości C_x różnią się o ok. 3%.



Rysunek 1: Zależność $T(C)$ dla R_1



Rysunek 2: Zależność $T(C)$ dla R_2