

# Ćwiczenie nr 54

## Drgania relaksacyjne

### 1 Wstęp teoretyczny

### 2 Opracowanie wyników pomiarów

#### 2.1 Tabele pomiarowe

$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$t_{20}$ [s]
1,0	12,63
2,0	25,62
3,0	37,75
4,5	58,00
5,0	64,00
6,5	83,84
7,0	91,84
8,0	104,03
9,0	117,28

Tabela 1: Zmierzone czasy trwania 20 cykli drgań dla znanych pojemności (Seria I,  $R = 1,4 \cdot 10^6 \Omega$ )

$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$t_{20}$ [s]
1,0	23,32
2,0	46,37
3,0	69,15
4,5	103,84
5,0	110,07
6,5	150,91
7,0	163,43
8,0	187,75
9,0	210,66

Tabela 2: Zmierzone czasy trwania 20 cykli drgań dla znanych pojemności (Seria II,  $R = 2,6 \cdot 10^6 \Omega$ )

Rezystancja [ $\text{M}\Omega$ ]	$t_{20}$ [s]
1,4	45,65
2,6	89,22

Tabela 3: Zmierzone czasy trwania 20 cykli drgań dla nieznanej pojemności  $C_x$  przy dwóch wartościach rezystancji

Parametr	Wartość
Napięcie zasilania $U_0$	140 V
Liczba cykli $N$	20

Tabela 4: Stałe parametry układu pomiarowego

## 2.2 Wyznaczenie okresów drgań relaksacyjnych $T$ dla pomiarów z kondensatorami o znanej pojemności

Okres drgań relaksacyjnych obliczono ze wzoru:

$$T = \frac{t_{20}}{20} \quad (1)$$

gdzie  $t_{20}$  to zmierzony czas trwania 20 cykli drgań.

Wyniki obliczeń okresów przedstawiono w tabelach 5 i 6.

$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$t_{20}$ [s]	$T$ [s]
1,0	12,63	0,6315
2,0	25,62	1,2810
3,0	37,75	1,8875
4,5	58,00	2,9000
5,0	64,00	3,2000
6,5	83,84	4,1920
7,0	91,84	4,5920
8,0	104,03	5,2015
9,0	117,28	5,8640

Tabela 5: Okresy drgań relaksacyjnych dla znanych pojemności (Seria I,  $R = 1,4 \cdot 10^6 \Omega$ )

$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$t_{20}$ [s]	$T$ [s]
1,0	23,32	1,1660
2,0	46,37	2,3185
3,0	69,15	3,4575
4,5	103,84	5,1920
5,0	110,07	5,5035
6,5	150,91	7,5455
7,0	163,43	8,1715
8,0	187,75	9,3875
9,0	210,66	10,5330

Tabela 6: Okresy drgań relaksacyjnych dla znanych pojemności (Seria II,  $R = 2,6 \cdot 10^6 \Omega$ )

Przykładowe obliczenie dla  $C = 1,0 \mu\text{F}$  (Seria I):

$$T = \frac{12,63}{20} = 0,6315 \text{ s} \quad (2)$$

### 2.3 Wyznaczenie stałej $K$ z równania $T = K \cdot R \cdot C$

Ze wzoru  $T = K \cdot R \cdot C$  wyznaczono wartości stałej  $K$  dla każdego pomiaru:

$$K = \frac{T}{R \cdot C} \quad (3)$$

## Wartości stałej $K$ dla poszczególnych pomiarów

$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$T$ [s]	$K$
1,0	0,6315	0,4511
2,0	1,2810	0,4575
3,0	1,8875	0,4494
4,5	2,9000	0,4603
5,0	3,2000	0,4571
6,5	4,1920	0,4607
7,0	4,5920	0,4686
8,0	5,2015	0,4644
9,0	5,8640	0,4654

Tabela 7: Wartości stałej  $K$  dla Serii I ( $R = 1,4 \cdot 10^6 \Omega$ )

$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$T$ [s]	$K$
1,0	1,1660	0,4485
2,0	2,3185	0,4459
3,0	3,4575	0,4433
4,5	5,1920	0,4438
5,0	5,5035	0,4233
6,5	7,5455	0,4465
7,0	8,1715	0,4490
8,0	9,3875	0,4513
9,0	10,5330	0,4501

Tabela 8: Wartości stałej  $K$  dla Serii II ( $R = 2,6 \cdot 10^6 \Omega$ )

## Średnie wartości stałej $K$

Obliczono średnie wartości stałej  $K$  dla każdej serii oraz wartość łączną:

- $K_{sr}$  (Seria I): 0,4594
- $K_{sr}$  (Seria II): 0,4446
- $K_{sr}$  (Całość): 0,4520

Wartość łączna  $K_{sr} = 0,4520$  została wykorzystana do dalszych obliczeń pojemności  $C_x$ .

Przykładowe obliczenie dla  $C = 1,0 \mu\text{F}$  (Seria I):

$$K = \frac{0,6315}{1,4 \cdot 10^6 \cdot 1,0 \cdot 10^{-6}} = 0,4511 \quad (4)$$

## 2.4 Wyznaczenie okresów drgań relaksacyjnych $T_x$ dla kondensatora o nieznanej pojemności

Dla nieznanej pojemności  $C_x$  zmierzono czasy trwania 20 cykli drgań przy dwóch wartościach rezystancji. Okresy obliczono ze wzoru  $T_x = t_{20}/20$ .

$R$ [MΩ]	$t_{20}$ [s]	$T_x$ [s]
1,4	45,65	2,2825
2,6	89,22	4,4610

Tabela 9: Okresy drgań relaksacyjnych dla nieznanej pojemności  $C_x$

Przykładowe obliczenie dla  $R = 1,4 \cdot 10^6 \Omega$ :

$$T_x = \frac{45,65}{20} = 2,2825 \text{ s} \quad (5)$$

## 2.5 Obliczenie nieznanej pojemności $C_x$ z równania $T = K \cdot R \cdot C$

Wykorzystując średnią wartość stałej  $K_{sr} = 0,4520$  oraz obliczone okresy  $T_x$ , wyznaczono nieznana pojemność ze wzoru:

$$C_x = \frac{T_x}{K_{sr} \cdot R} \quad (6)$$

**Obliczone wartości  $C_x$**

$R$ [MΩ]	$T_x$ [s]	$C_x$ [μF]
1,4	2,2825	3,6069
2,6	4,4610	3,7959

Tabela 10: Obliczone wartości nieznanej pojemności  $C_x$

## Średnia wartość $C_x$

Obliczono średnią wartość pojemności  $C_x$ :

$$C_{x,sr} = \frac{3,6069 + 3,7959}{2} = 3,7014 \mu\text{F} \quad (7)$$

Przykładowe obliczenie dla  $R = 1,4 \cdot 10^6 \Omega$ :

$$C_x = \frac{2,2825}{0,4520 \cdot 1,4 \cdot 10^6} \cdot 10^6 = 3,6069 \mu\text{F} \quad (8)$$

## 2.6 Odczytanie wartości $C_x$ z wykresu zależności $T = f(C)$

Sporządzono wykresy zależności okresu drgań od pojemności dla obu wartości rezystancji. Z wykresów odczytano wartości nieznanej pojemności  $C_x$  na podstawie zmierzonych okresów  $T_x$ .

**Wartości  $C_x$  odczytane z wykresów**

$R$ [MΩ]	$T_x$ [s]	$C_x$ [μF]
1,4	2,2825	3,5524
2,6	4,4610	3,8690

Tabela 11: Wartości  $C_x$  odczytane z wykresów  $T = f(C)$

## Średnia wartość $C_x$ z wykresów

Obliczono średnią wartość pojemności  $C_x$  odczytaną z wykresów:

$$C_{x, sr}^{wykres} = \frac{3,5524 + 3,8690}{2} = 3,7107 \mu F \quad (9)$$

Wykresy zależności  $T = f(C)$  (rysunek 1) wykazały liniową charakterystykę, co pozwoliło na precyzyjny odczyt wartości  $C_x$  metodą interpolacji.

## 2.7 Porównanie wartości $C_x$ obliczonych ze wzoru oraz odczytanych z wykresu

Porównano wartości nieznanej pojemności  $C_x$  obliczone metodą analityczną oraz odczytane z wykresów.

### Porównanie wartości $C_x$

Metoda	$C_x [\mu F]$
Obliczenia ze wzoru (średnia)	3,7014
Wykresy (średnia)	3,7107

Tabela 12: Porównanie wartości  $C_x$  uzyskanych różnymi metodami

### Różnica między metodami

Różnica między wartością  $C_x$  obliczoną ze wzoru a odczytaną z wykresu wynosi:

$$\Delta C_x = |3,7107 - 3,7014| = 0,0093 \mu F \quad (10)$$

Różnica względna:

$$\frac{\Delta C_x}{C_{x, sr}} \cdot 100\% = \frac{0,0093}{3,7014} \cdot 100\% \approx 0,25\% \quad (11)$$

Tak mała różnica (0,25%) świadczy o bardzo dobrej zgodności obu metod wyznaczania nieznanej pojemności  $C_x$ .

## 2.8 Ocena niepewności pomiaru stałej $K$ oraz niepewności nieznanej pojemności $C_x$

Oszacowano niepewności pomiarowe przy użyciu złożonej niepewności standardowej (wzór (17) ONP).

### Niepewność stałej $K$

Dla funkcji  $K = \frac{T}{R \cdot C} = \frac{t_{20}}{20 \cdot R \cdot C}$  niepewność standardowa wynika z niepewności pomiaru czasu  $t_{20}$ . Przyjęto niepewność pomiaru czasu  $u(t_{20}) = 0,01$  s.

Parametr	Wartość
$u(K)$ średnia (R=1,4M)	0,0074
$u(K)$ średnia (R=2,6M)	0,0070
$u(K)$ średnia całkowita	0,0068

Tabela 13: Niepewności standardowe stałej  $K$

### Niepewność pojemności $C_x$

Niepewność pojemności  $C_x$  obliczono z prawa przenoszenia niepewności dla funkcji  $C_x = \frac{T_x}{K \cdot R}$ .

Parametr	Wartość
$u(C_x)$ (R=1,4M)	0,0562 $\mu\text{F}$
$u(C_x)$ (R=2,6M)	0,0573 $\mu\text{F}$
$u(C_x)$ końcowa	0,0401 $\mu\text{F}$

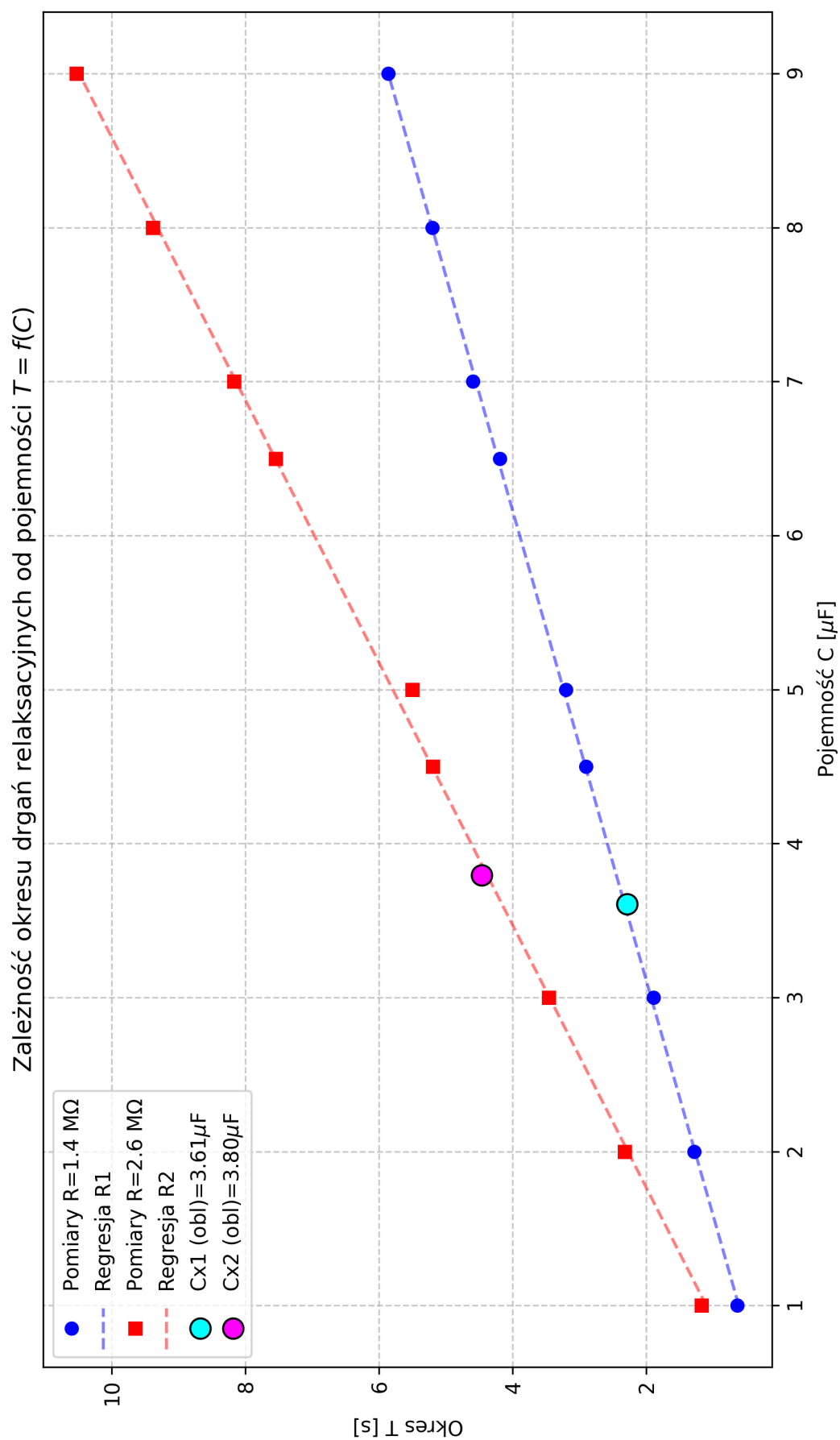
Tabela 14: Niepewności standardowe pojemności  $C_x$

### Wynik końcowy z niepewnością

Wartość nieznaney pojemności  $C_x$  z końcową niepewnością standardową:

$$C_x = (3,70 \pm 0,04) \mu\text{F} \quad (12)$$

## 3 Wykresy



Rysunek 1: Wykres zależności okresu drgań  $T$  od pojemności  $C$  dla dwóch wartości rezystancji



## Literatura