

# Ćwiczenie nr 44

## Prawo Ohma dla prądu przemiennego

### 1 Wstęp teoretyczny

#### 1.1 Charakterystyka prądu przemiennego

Prądem przemiennym nazywamy prąd elektryczny, którego wartość chwilowa i kierunek ulegają okresowym zmianom. W najprostszym przypadku zmiany te mają charakter harmoniczny (sinusoidalny) i mogą być opisane równaniami:

$$u(t) = U_0 \sin(\omega t), \quad i(t) = I_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

gdzie  $U_0, I_0$  to amplitudy napięcia i natężenia,  $\omega = 2\pi f$  to częstość kołowa, a  $\varphi$  oznacza przesunięcie fazowe między napięciem a natężeniem.

W obwodach prądu przemiennego najczęściej posługujemy się wartościami skutecznymi napięcia i natężenia, które dla przebiegów sinusoidalnych wiążą się z amplitudami zależnością:

$$U_{sk} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, \quad I_{sk} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

#### 1.2 Impedancja i uogólnione prawo Ohma

W obwodach prądu przemiennego opór elektryczny nie zależy wyłącznie od rezystancji (oporu czynnego), ale również od obecności elementów gromadzących energię pola elektrycznego i magnetycznego (kondensatory, cewki). Całkowity opór obwodu nazywamy impedancją (zawadą)  $Z$ . Uogólnione prawo Ohma przyjmuje postać:

$$Z = \frac{U_{sk}}{I_{sk}} \quad (3)$$

Impedancja składa się z części rzeczywistej (rezystancja  $R$ ) oraz części urojonej (reaktancja  $X$ ):

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (4)$$

#### 1.3 Elementy R, L, C w obwodzie prądu przemiennego

##### 1.3.1 Rezystor idealny

Dla rezystora idealnego impedancja jest równa jego rezystancji ( $Z = R$ ). Napięcie i natężenie są zgodne w fazie ( $\varphi = 0$ ).

### 1.3.2 Cewka indukcyjna

Cewka idealna o indukcyjności  $L$  stawia prądowi przemiennemu opór bierny zwany reaktancją indukcyjną (induktancją)  $X_L$ :

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (5)$$

W cewce idealnej napięcie wyprzedza natężenie prądu o kąt  $\pi/2$ . W rzeczywistości cewka posiada również opór czynny uzwojenia  $R_L$ , dlatego jej impedancja wynosi:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + (\omega L)^2} \quad (6)$$

### 1.3.3 Kondensator

Kondensator o pojemności  $C$  charakteryzuje się reaktancją pojemnościową (kapacytancją)  $X_C$ :

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (7)$$

Na kondensatorze idealnym natężenie prądu wyprzedza napięcie o kąt  $\pi/2$ . Prąd płynący przez idealny kondensator i cewkę nie wykonuje pracy (moc czynna wynosi zero).

## 1.4 Szeregowy obwód RLC

W przypadku szeregowego połączenia rezystora, cewki i kondensatora, całkowita impedancja obwodu wynosi:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (8)$$

Przesunięcie fazowe  $\varphi$  w takim obwodzie wyraża się wzorem:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (9)$$

## 2 Opracowanie wyników pomiarów

### 2.1 Tabele pomiarowe

Tabela 1: Uzwojenie L1

lp	I [mA]	U [V]
1	10,0	0,50
2	20,0	1,00
3	29,9	1,50
4	39,7	2,00
5	49,7	2,50
6	59,5	3,00
7	69,1	3,50
8	79,3	4,00
9	89,3	4,50
10	99,0	5,00

Tabela 4: Kondensator C

lp	I [mA]	U [V]
1	0,48	0,48
2	1,00	0,96
3	1,60	1,49
4	2,10	1,98
5	2,70	2,49
6	3,20	2,99
7	3,80	3,51
8	4,40	4,01
9	5,00	4,53
10	5,50	5,02

Tabela 2: Uzwojenie L1+L2

lp	I [mA]	U [V]
1	3,7	0,50
2	7,5	1,00
3	11,2	1,50
4	14,9	2,00
5	18,8	2,51
6	22,4	3,00
7	26,1	3,50
8	29,9	3,99
9	33,7	4,50
10	37,4	5,00

Tabela 5: Kondensator 2C

lp	I [mA]	U [V]
1	1,0	0,50
2	2,2	1,02
3	3,3	1,50
4	4,3	1,98
5	5,5	2,47
6	6,8	3,05
7	7,8	3,52
8	8,9	3,98
9	10,1	4,52
10	11,3	5,03

Tabela 3: Uzwojenie L1+L2+L3

lp	I [mA]	U [V]
1	1,5	0,48
2	3,0	0,96
3	4,7	1,50
4	6,3	1,98
5	7,9	2,50
6	9,4	2,97
7	11,1	3,48
8	12,7	3,98
9	14,3	4,49
10	16,0	5,02

Tabela 6: Kondensator 4C

lp	I [mA]	U [V]
1	2,4	0,48
2	5,0	0,99
3	7,7	1,52
4	10,1	2,00
5	12,8	2,53
6	15,5	3,05
7	17,7	3,48
8	20,4	4,01
9	22,4	4,51
10	25,5	5,02

Tabela 7: Układ L1+L2+L3+C1

lp	I [mA]	U [V]
1	0,8	0,51
2	1,6	0,98
3	2,4	1,49
4	3,3	2,02
5	4,1	2,49
6	4,9	2,98
7	5,7	3,47
8	6,6	4,00
9	7,5	4,53
10	8,3	5,02

### Dane ogólne

Częstotliwość prądu przemiennego:  $f = 50$  Hz.

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 100\pi = 314,16 \text{ rad/s}$$

Rezystancje uzwojeń cewek:

$$R_{ab} = 36 \, \Omega, \quad R_{bc} = 16 \, \Omega, \quad R_{cd} = 33 \, \Omega$$

$$R_1 = 36 \, \Omega$$

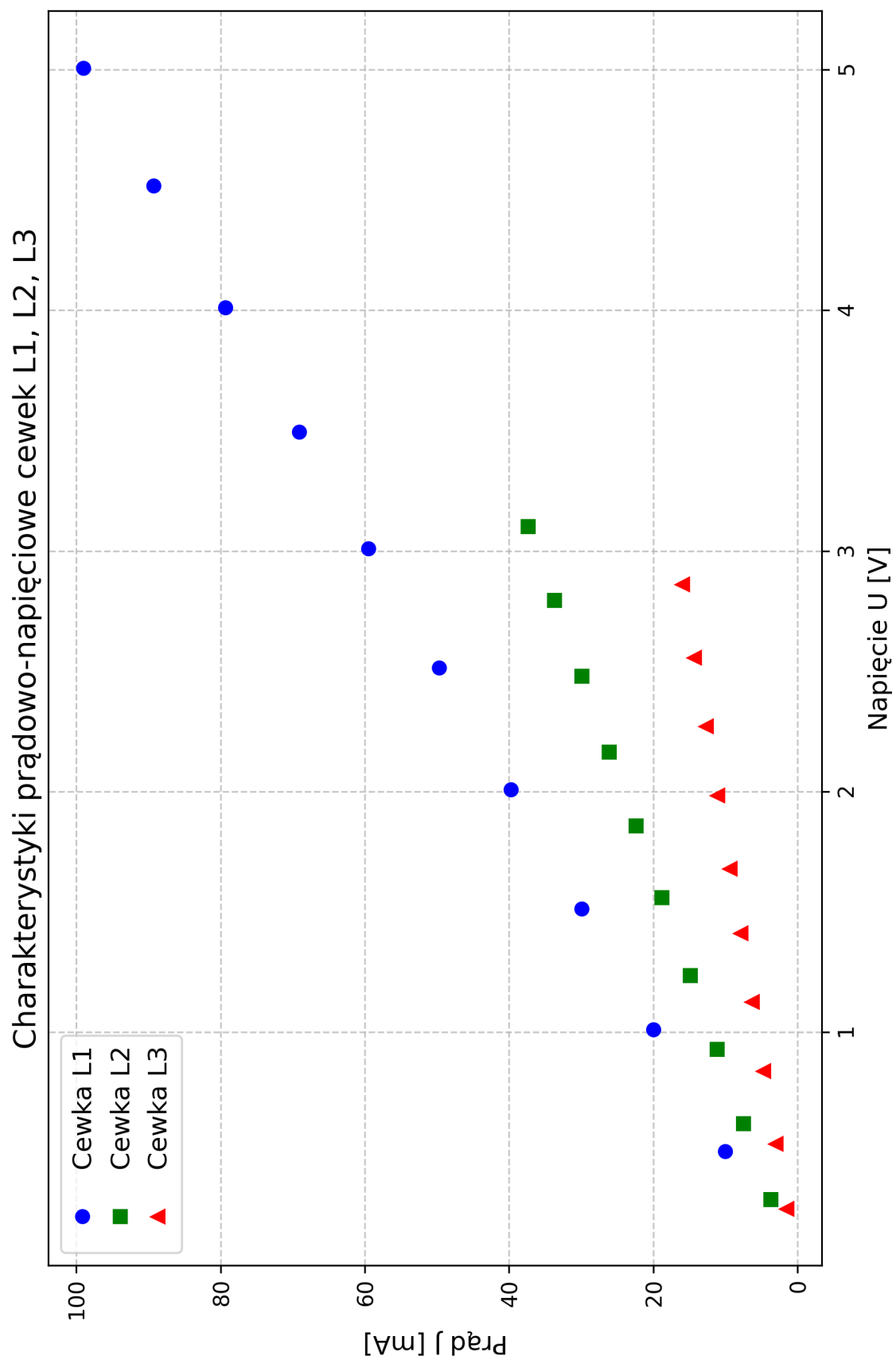
$$R_{1+2} = 36 + 16 = 52 \, \Omega$$

$$R_{1+2+3} = 36 + 16 + 33 = 85 \, \Omega$$

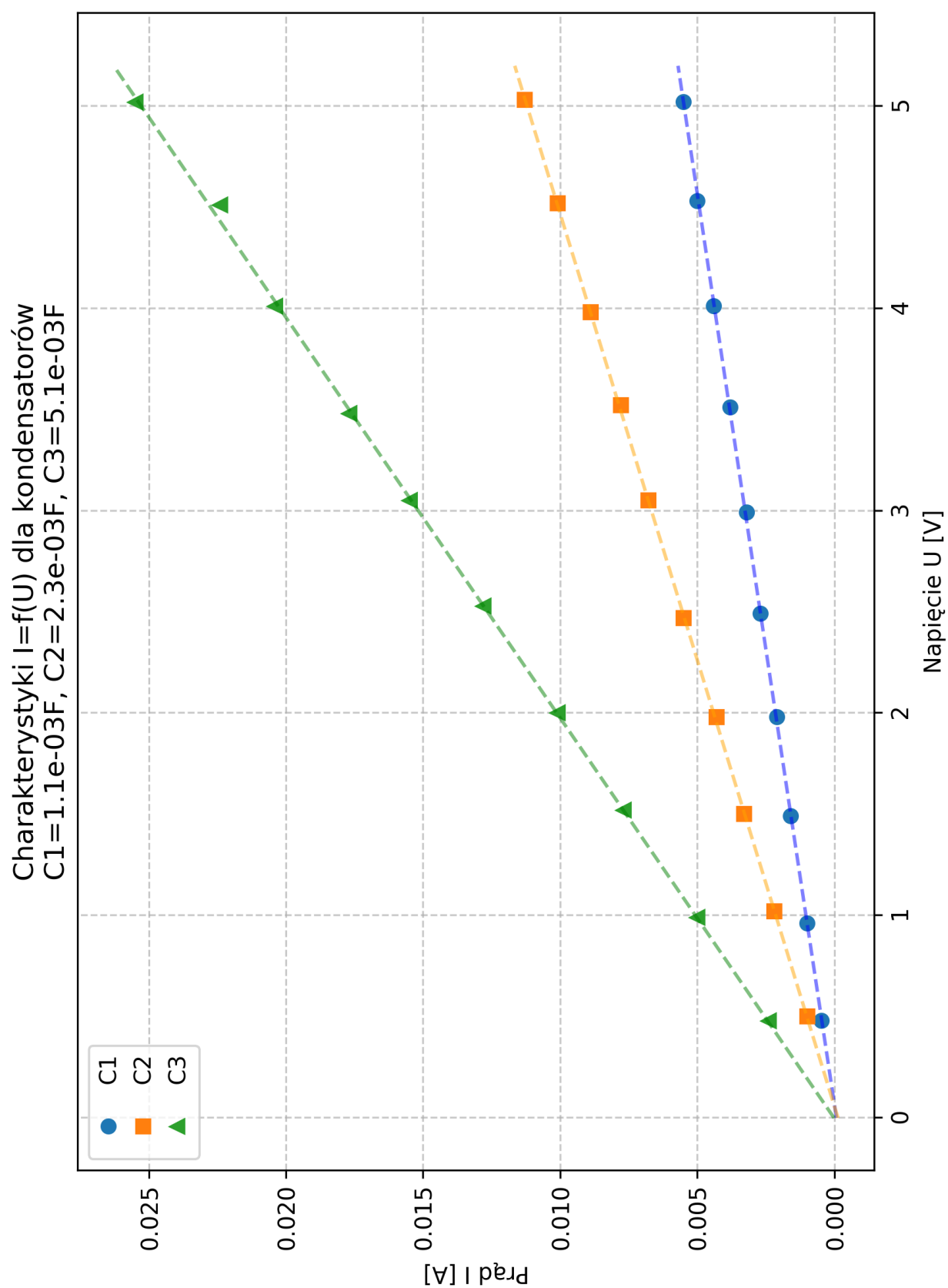
## 2.2 Wyznaczenie indukcyjności cewki

Na podstawie pomiarów napięcia i natężenia prądu dla cewek, narysowano ich charakterystyki prądowo napięciowe i zamieszczono na wykresie 1.

## 3 Wykresy



Rysunek 1: Charakterystyki prądowo-napięciowe cewek  $L_1$ ,  $L_2$  oraz  $L_3$ .



Rysunek 2: Charakterystyki prądowo-napięciowe kondensatorów  $C_1$ ,  $C_2$  oraz  $C_3$ .