



Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych

Katedra Nauk Ogólnokształcących

Laboratorium elektroniki	
Grupa nr C9D	Data wykonania ćwiczenia
Zespół nr w składzie	18.12.2009
1. Jakub Kurpas	Ćwiczenie prowadził
2. Łukasz Kusek	ppłk rez. Bogdan Makarewicz
3. Krzysztof Lewandowski	Ocena
4. Wojciech Lorenc	Podpis
Sprawozdanie ćwiczenia nr 3	
Temat ćwiczenia: Pomiar pojemności metodą techniczną	

Spis tablic

1	Kondensator C_1	4
2	Kondensator C_2	5
3	Kondensator C_3	5
4	Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone szeregowo	7
5	Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone równolegle	8
6	Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone mieszanie	9

1 Kondensatory

Kondensatorem nazywamy urządzenie, które potrafi magazynować energię w postaci energii potencjalnej w polu elektrycznym. Jego podstawowe elementy, to dwa odosobnione przewodniki dowolnego kształtu. Przewodniki te bez względu na ich kształt, ich płaskość lub zakrzywienie, nazywamy *okładkami*.

Gdy kondensator jest *naładowany*, jego okładki, mają ładunki $+Q$ i $-Q$ o jednakowych wartościach, lecz przeciwnych znakach. Przez *ładunek kondensatora* rozumiemy Q , czyli bezwzględną wartość ładunków na okładkach.

Okładki są przewodnikami, a więc są powierzchniami ekwipotencjalnymi: wszystkie punkty na okładce mają ten sam potencjał elektryczny. Pomiedzy okładkami istnieje różnica potencjałów nazywana *napięciem* i oznaczana U .

Ładunek Q i napięcie U dla kondensatora są do siebie proporcjonalne

$$Q = C U \quad (1)$$

Stałą proporcjonalności C nazywamy *pojemnością* kondensatora. Jej wartość zależy tylko od geometrii okładek, a nie od ładunku, czy napięcia.

Definicja 1.1. *Pojemność jest miarą ilości ładunku, jaki należy umieścić na okładkach, aby wytworzyć pewną różnicę potencjałów między nimi.*

Jednostką pojemności w układzie SI jest kulomb na wolt. Jednostka ta otrzymała specjalną nazwę - farad (F)

$$1F = 1 \frac{C}{V} \quad (2)$$

1.1 Kondensatory połączone szeregowo i równolegle

Jeżeli w obwodzie występuje układ kondensatorów, to nieraz możemy zastąpić ten układ kondensatorem równoważnym, czyli pojedynczym kondensatorem o takiej samej pojemności, jak cały układ.

1.1.1 Kondensatory połączone równolegle

Zasada 1.1. *Jeśli różnica potencjałów U jest przyłożona do kilku kondensatorów połączonych równolegle, to taka sama różnica potencjałów U występuje na każdym kondensatorze. Całkowity ładunek Q , zgromadzony w układzie jest sumą ładunków, zgromadzonych na poszczególnych kondensatorach.*

Jeśli analizujemy obwód z kondensatorami połączonymi równolegle, to możemy go uprościć w następujący sposób

Zasada 1.2. *Kondensatory połączone równolegle można zastąpić równoważnym kondensatorem o takim samym całkowitym ładunku Q i takiej samej różnicy potencjałów U , jak dla kondensatorów układu.*

Pojemność C równoważnego kondensatora do układu n kondensatorów o pojemności C_i połączonych równolegle obliczyć można

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (3)$$

1.1.2 Kondensatory połączone szeregowo

Zasada 1.3. *Jeśli różnica potencjałów U jest przyłożona do kilku kondensatorów połączonych szeregowo, to kondensatory mają identyczne ładunki Q . Suma różnic potencjałów na wszystkich kondensatorach jest równa przyłożonej różnicy potencjałów U .*

Gdy analizujemy obwód z kondensatorami połączonymi szeregowo, możemy go uprościć w następujący sposób

Zasada 1.4. *Kondensatory połączone szeregowo można zastąpić równoważnym kondensatorem, który ma taki sam ładunek Q i taką samą całkowitą różnicę potencjałów U , jak kondensatory połączone szeregowo.*

Pojemność C równoważnego kondensatora do układu n kondensatorów o pojemności C_i połączonych szeregowo obliczyć można

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad (4)$$

1.2 Kondensator w układzie prądu sinusoidalnego

Kondensator w układzie prądu sinusoidalnego można scharakteryzować wielkością

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (5)$$

Wielkość X_C nazywamy reaktancją pojemnościową. Jednostką reaktancji pojemnościowej jest 1Ω .

Można wyprowadzić związek pomiędzy natężeniem prądu I_C , napięciem U i reaktancją pojemnościową X_C

$$I = \frac{U}{X_C} \quad (6)$$

Korzystając z [5] i [6] wyprowadzamy wzór na pojemność kondensatora C w zależności od natężenia prądu I , napięcia U oraz częstotliwości f

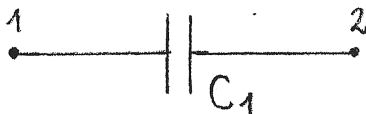
$$C(I, U, f) = \frac{I}{2\pi f U} \quad (7)$$

2 Pomiary pojemności pojedynczych kondensatorów

Badamy pojemności kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 wykorzystując wzór [7] oraz punkty pomiarowe I i U .

Wyniki pomiarów i obliczeń dla kondensatora

- C_1 umieszczone zostały w tabeli [1]

$f = 50\text{ Hz}$		Kondensator C_1				
U	V	9,24	14,22	18,44	23,4	26,9
I	mA	14	21,4	28	36	42
C	μF	4,823	4,790	4,833	4,897	4,970
C_{sr}	μF	4,863 \pm 0,032				
						

Tablica 1: Kondensator C_1

- C_2 umieszczone zostały w tabeli [2]
- C_3 umieszczone zostały w tabeli [3]

Wykorzystując średnią arytmetyczną oraz średni błąd kwadratowy wartości średniej uzyskaliśmy wartości pojemności kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 , które wynoszą

$$C_1 = (4,863 \pm 0,032) \mu F \quad (8)$$

$$C_2 = (3,774 \pm 0,022) \mu F \quad (9)$$


$$C_3 = (5,646 \pm 0,043) \mu F \quad (10)$$

3 Pomiary pojemności układów kondensatorów

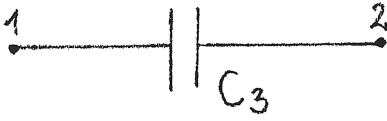
Badamy pojemności kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 połączonych szeregowo, równolegle i mieszanie wykorzystując wzór [7] oraz punkty pomiarowe I i U .

Wyniki pomiarów i obliczeń dla kondensatorów połączonych

- szeregowo umieszczone zostały w tabeli [4]
- równolegle umieszczone zostały w tabeli [5]
- mieszanie umieszczone zostały w tabeli [6]

$f = 50 \text{ Hz}$		Kondensator C_2				
U	V	12	20,5	30,1	38,4	45,1
I	mA	14	24	36	46	54
C	μF	3,714	3,727	3,807	3,813	3,811
C_{sr}	μF	$3,774 \pm 0,022$				
						

Tablica 2: Kondensator C_2

$f = 50 \text{ Hz}$		Kondensator C_3				
U	V	8,01	14,73	19,92	25,5	29,3
I	mA	14	26	36	46	52
C	μF	5,563	5,619	5,753	5,742	5,554
C_{sr}	μF	$5,646 \pm 0,043$				
						

Tablica 3: Kondensator C_3

Wykorzystując średnią arytmetyczną oraz średni błąd kwadratowy wartości średniej uzyskaliśmy wartości pojemności kondensatora równoważnego układom połączonych kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 , które wynoszą dla układu

- kondensatorów połączonych szeregowo

$$C_{szeregowo} = (1,5646 \pm 0,0044) \mu F$$

- kondensatorów połączonych równolegle

$$C_{rownolegle} = (14,39 \pm 0,11) \mu F$$

- kondensatorów połączonych mieszanie

$$C_{mieszanie} = (3,22 \pm 0,02) \mu F$$

Korzystając wyliczonych wartości C_1 [8], C_2 [9], C_3 [10] oraz wzorów na pojemności kondensatorów równoważnych układom kondensatorów obliczamy wartości $C_{szeregowo}$, $C_{rownolegle}$ i $C_{mieszanie}$.

Obliczamy pojemność kondensatora równoważnego układowi kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 połączonych szeregowo korzystając ze wzoru [4] i jego postaci dla naszego przypadku

$$C_{szeregowo} = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} \quad (11)$$

Po obliczeniu

$$C_{szeregowo} = 1,5439 \mu F \quad (12)$$

Obliczamy pojemność kondensatora równoważnego układowi kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 połączonych równolegle korzystając ze wzoru [3] i jego postaci dla naszego przypadku

$$C_{rownolegle} = C_1 + C_1 + C_3 \quad (13)$$

Po obliczeniu

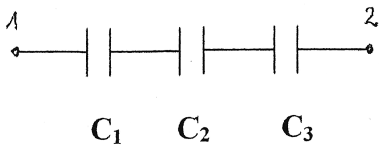
$$C_{rownolegle} = 14,28 \mu F \quad (14)$$

Obliczamy pojemność kondensatora równoważnego układowi kondensatorów C_1 , C_2 , C_3 połączonych mieszanie korzystając ze wzorów [4] oraz [3] i ich postaci dla naszego przypadku

$$C_{mieszanie} = \frac{C_1 (C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} \quad (15)$$

Po obliczeniu

$$C_{mieszanie} = 3,18 \mu F \quad (16)$$

$f = 50 \text{ Hz}$		Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone szeregowo				
U	V	8,2	12,3	17,2	23,4	27,4
I	mA	3,5	6	8,5	11,5	13,5
C	μF	1,359	1,553	1,573	1,564	1,568
C_{sr}	μF	$1,5646 \pm 0,0044$				
wartości obliczone		$C_{zobl} = 1,5439 \mu F$				
						

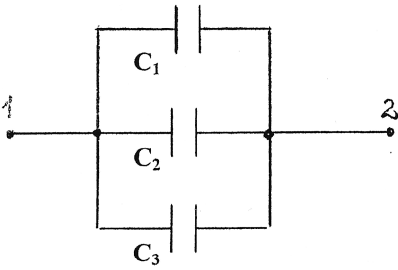
Tablica 4: Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone szeregowo

4 Wnioski. Uwagi

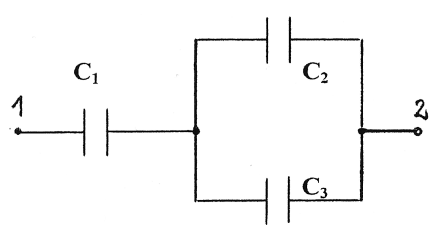
Przeprowadzone pomiary wykazały słuszność wzorów na pojemności równoważnych kondensatorów dla układu kondensatorów połączonych równolegle [3], szeregowo [4], a także dla połączenia mieszanego. Obliczone wartości nie mieszczą się w wyliczonym błędzie pomiaru. Należałoby uwzględnić więcej elementów jako źródła niepewności takie jak precyzja amperomierza oraz woltomierza, a także zastosować współczynniki rozkładu Studenta ze względu na małą liczbę powtórzeń pomiarów.

Na dokładność pomiarów wpływ miało również założenie, że badamy kondensator w układzie idealnym. W rzeczywistości w układzie znajdowała się również rezystancja, która miała wpływ na pomiary.

Przy obliczaniu średniej wartości dla połączenia szeregowego oraz równoległego odrzuciliśmy po jednym pomiarze uznając je za błędy grube przy pomiarze, gdyż znacząco różniły się od pozostałych wyników.

$f = 50 \text{ Hz}$		Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone równolegle				
U	V	7,9	12,2	17,7	23,0	28,4
I	mA	35	55	90	105	130
C	μF	14,10	14,35	16,18	14,53	14,57
C_{sr}	μF	$14,39 \pm 0,11$				
wartości obliczone		$C_{zobl} = 14,28 \mu F$				
						

Tablica 5: Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone równolegle

$f = 50 \text{ Hz}$		Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone mieszanie				
U	V	4,5	6,5	9,78	11,26	13,71
I	mA	4,5	6,5	10,0	11,5	14
C	μF	3,183	3,183	3,255	3,251	3,250
C_{sr}	μF	$3,22 \pm 0,02$				
wartości obliczone		$C_{zobl} = 3,18 \mu F$				
						

Tablica 6: Kondensatory C_1, C_2, C_3 połączone mieszanie