

WSTĘP TEORETYCZNY

Cewka

Dla prądu stałego cewka jest elementem rezystancyjnym o rezystancji przewodnika, z którego jest wykonana. Dla prądu o pulsacji różnej od zera wykazuje inną wartość oporu nazywaną reaktancją. Reaktancja jest tym większa, im większa jest indukcyjność i pulsacja prądu.

Strumień indukcji pola magnetycznego przepływającego przez cewkę opisuje wzór:

$$\Phi = Li$$

Indukcyjność jest podstawowym parametrem elektrycznym opisującym cewkę. Jednostką indukcyjności jest 1 henr [H]. Prąd płynący w obwodzie wytwarza skojarzony z nim strumień magnetyczny. Indukcyjność definiujemy jako stosunek tego strumienia i prądu który go wytworzył:

$$L = k \frac{\Phi}{i}$$

Impedancja idealnej cewki jest równa iloczynowi jej reaktancji i jednostki urojonej:

$$Z_L = jX_L$$

Użycie rdzenia ferromagnetycznego powoduje zwiększenie indukcyjności własnej, a w cewkach sprzężonych magnetycznie – zwiększenie indukcyjności wzajemnej.

Kondensator

Doprowadzenie napięcia do okładek kondensatora powoduje zgromadzenie się na nich ładunku elektrycznego. Po odłączeniu od źródła napięcia, ładunki utrzymują się na okładkach siłami przyciągania elektrostatycznego. Jeżeli kondensator, jako całość, nie jest naelektryzowany to cały ładunek zgromadzony na obu okładkach jest jednakowy co do wartości, ale przeciwnego znaku. Kondensator charakteryzuje pojemność określająca zdolność kondensatora do gromadzenia ładunku:

$$C = \frac{Q}{U}$$

C – pojemność, w faradach

Q – ładunek zgromadzony na jednej okładce, w kulombach

U – napięcie elektryczne między okładkami, w woltach

Kondensator podłączony do napięcia stałego, po pewnym czasie naładowuje się do tego napięcia, kondensator jest wówczas równoważny przerwie w obwodzie. Dla prądu przemiennego przez kondensator płynie prąd określony wzorem:

$$U_c(t) = U_0 \sin(\omega t)$$

$$I_c = C \frac{dU_c}{dt} = CU_0 \omega \cos(\omega t)$$

Reaktancja pojemnościowa wyraża się wzorem:

$$X_c = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-1}{2\pi f C}$$

W połączeniu szeregowym kondensatorów, odwrotnie niż w przypadku oporników, pojemność zastępcza dana jest wzorem:

$$\frac{1}{C_z} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

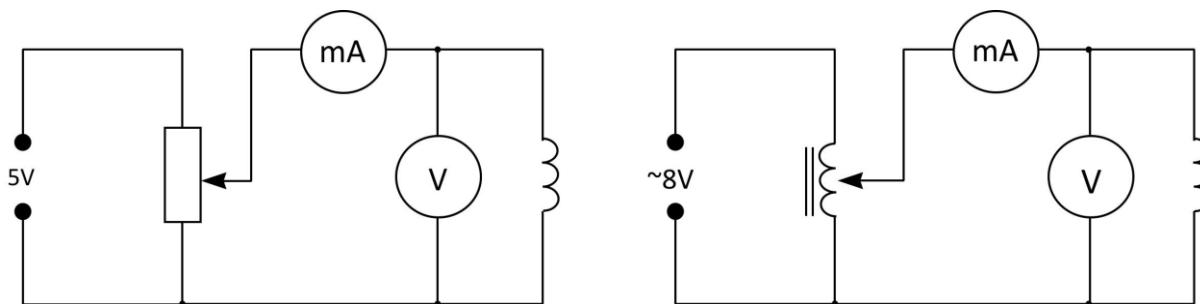
W przypadku połączenia równoległego kondensatorów pojemność zastępcza wyraża się zależnością:

$$C_z = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$$

Taka zależność wynika z faktu, że ładunek elektryczny równoległe połączonych kondensatorów jest sumą ładunków zgromadzonych na kondensatorach.

OPIS METODY POMIAROWEJ

Najpierw chcieliśmy zmierzyć rezystancję oraz impedancję i indukcyjność cewki. Aby zmierzyć rezystancję włączyliśmy przewody zasilające w źródło napięcia prądu stałego, ustawiliśmy odpowiednie zakresy pomiarowe i dane na miernikach. Następnie przy pomocy opornicy suwakowej, zmienialiśmy napięcie i notowaliśmy wskazania miliamperomierza i woltomierza, takie same działania podjęliśmy dla prądu zmiennego, aby obliczyć impedancję i indukcyjność.



Schematy układów dla cewki

Następnie chcieliśmy obliczyć reaktancję pojemnościową kondensatorów, w tym celu w miejscu cewki podpinaliśmy odpowiednie elementy.

TABELE POMIAROWE

Rezystancja cewki	
$U [V]$	$I [mA]$
0,00	0,00
0,50	-0,35
1,00	-0,70
1,50	-1,06
2,00	-1,41
2,50	-1,77
3,00	-2,12
3,50	-2,48
4,00	-2,82

Impedancja cewki		
$U [V]$	$I [mA]$, płynący przez:	
	cewkę bez rdzenia	cewkę z rdzeniem
0,00	0,00	0,00
1,00	0,47	0,09
2,00	0,97	0,21
3,00	1,47	0,33
4,00	1,96	0,45
5,00	2,47	0,58
6,00	2,97	0,69
7,00	3,47	0,81
8,00	3,98	0,93

Reaktancja kondensatorów			
$U [V]$	$I [mA]$, płynący przez:		
	kondensator C_1	kondensatory C_2, C_3	połączenie równoległe kondensatorów
0	0	0	0
1	0,1	0,04	0,17
2	0,23	0,1	0,36
3	0,36	0,17	0,56
4	0,49	0,24	0,75
5	0,62	0,3	0,95
6	0,75	0,36	1,15
7	0,88	0,43	1,34
8	1,01	0,5	1,54

Uchyby mierników

Wartości w każdym z przypadków mierzono tymi samymi miernikami. Poniżej podano uchyby mierników.

Woltomierz: typ: **M-3850**, niepewność pomiaru:

- dla napięcia stałego: $\pm 0,3\% W + 1C$
- dla napięcia zmiennego: $\pm 0,8\% W + 3C$

Miliamperomierz: typ: **MY68**, niepewność pomiaru:

- dla prądu stałego: $\pm 1,2\% W + 3C$
- dla prądu zmiennego: $\pm 1,5\% W + 5C$

OPRACOWANIE WYNIKÓW

Korzystając z programu komputerowego MS Excel, przy pomocy funkcji REGLINP, obliczony został współczynnik a regresji liniowej. Dla zmierzonych wartości współczynnik ten wynosi odpowiednio:

- dla cewki zasilanej prądem stałym: **$a = -0,7073$**
- dla cewki bez rdzenia, zasilanej prądem zmiennym: **$a = 0,4987$**
- dla cewki z rdzeniem, zasilanej prądem zmiennym: **$a = 0,1182$**
- dla kondensatora C_1 : **$a = 0,128$**
- dla kondensatora C_2, C_3 : **$a = 0,0637$**
- dla równoległe połączonych C_1 oraz C_2, C_3 : **$a = 0,194$**

Dla charakterystyk $I = f(U)$ dla cewki, odwrotność współczynnika a regresji liniowej ma sens oporu R (rezystancji) lub impedancji Z , natomiast dla kondensatora - reaktancji pojemnościowej X_c . Należy pamiętać, że wartości natężenia wyrażone były w miliamperach, dlatego wartości rezystancji oraz impedancji wyrażona została w kiloomach.

Natomiast zależność $u\left(\frac{1}{a}\right) = \frac{u(a)}{a^2}$ wynika prawa przenoszenie niepewności dla funkcji jednej zmiennej.

Obliczone wartości dla cewki i kondensatorów, oraz ich niepewności zostały zgromadzone w poniższej tabeli:

	$\frac{1}{a}, \text{ k}\Omega$	$u\left(\frac{1}{a}\right)$
Rezystancja cewki	1,4138	0,002380
Impedancja cewki bez rdzenia	2,005348	0,005864
Impedancja cewki z rdzeniem	8,4626	0,08705
Reaktancja pojemnościowa C_1	7,8125	0,070477
Reaktancja pojemnościowa C_2, C_3	15,70681	0,282029
Reaktancja pojemnościowa połączenia równoległego	5,154639	0,03164

Kolejno obliczona została indukcyjność cewki, która została wyznaczona ze wzoru:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi f}, \text{ gdzie } f=50\text{Hz}$$

Z prawa propagacji niepewności wynika:

$$u(L) = \sqrt{\left(\frac{\partial L}{\partial Z} u(Z)\right)^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial R} u(R)\right)^2}$$

$$u(L) = \sqrt{\left(\frac{u(Z)Z}{2\pi f \sqrt{Z^2 - R^2}}\right)^2 + \left(\frac{-u(R)R}{2\pi f \sqrt{Z^2 - R^2}}\right)^2}$$

$$u(L) = \frac{\sqrt{(u(Z)*Z)^2 + (u(R)*R)^2}}{2\pi f \sqrt{Z^2 - R^2}}$$

Następnie obliczyliśmy pojemność C każdego z kondensatorów oraz równoległego układu kondensatorów ze wzoru:

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c}$$

Z prawa propagacji niepewności wynika:

$$u(C) = \sqrt{\left(\frac{\partial C}{\partial X_c} u(X_c)\right)^2}$$

$$u(C) = \frac{u(X_c)}{2\pi f * X_c^2}$$

Zestawienie wyników obliczeń z powyższych wzorów:

	Wynik początkowy	Niepewność	Wartości uwzględniające niepewność	Ostateczna wartość
cewka bez rdzenia	$L=0,004527056$ [kH]	$u(L)=0,0014$	$L=0,0045(14)$ [kH]	$L=4,5(14)$ [H]
cewka z rdzeniem	$L=0,026558812$ [kH]	$u(L)=0,014$	$L=0,026(14)$ [kH]	$L=26,0(14)$ [H]
kondensator C_1	$C=0,000407437$ [mF]	$u(C)=0,0000037$	$C=0,0004074(37)$ [mF]	$C=0,4074(37)$ [μF]
kondensatory C_2, C_3	$C=0,000202657$ [mF]	$u(C)=0,0000036$	$C=0,0002026(36)$ [mF]	$C=0,2026(36)$ [μF]
szeregowe połączenie	$C=0,000617521$ [mF]	$u(C)=0,0000038$	$C=0,0006175(38)$ [mF]	$C=0,6175(38)$ [μF]

Porównanie doświadczalnych wartości pojemności połączeń kondensatorów z odpowiednimi wzorami wynikającymi z praw Kirchhoffa dla prądu zmiennego:

$$C_r = C_1 + C_2$$

$$C_1=0,0004074 \text{ [mF]} = 0,4074 \text{ [μF]} \quad C_2=C_3=0,0002026 \text{ [mF]} = 0,2026 \text{ [μF]}$$

$$C_s=0,61 \text{ [μF]}$$

WNIOSKI, KOMENTARZ

Na podstawie wyników można wywnioskować, że obecność rdzenia w cewce wpływa na jej indukcyjność. Rdzeń, który jest ferromagnetykiem, powoduje zwiększenie indukcyjności. Zależność ta jest zgodna z założeniami teoretycznymi. Pojemność kondensatorów połączonych równolegle okazała się większa od największej pojemności pojedynczych kondensatorów, co również sprawdza się w odniesieniu do teorii. Wyznaczone niepewności nie wpływają znacząco na wyniki. Porównanie zmierzonego wyniku połączenia szeregowego z oczekiwanym wynikiem ze wzoru dało również poprawne wyniki.

Chcielibyśmy jeszcze zaznaczyć, że brak pomiarów dla połączenia równoległego, wynika z wyczerpania się baterii w mierniku.