|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ćwiczenia laboratoryjne** | | | | | |
| **Data wykonania pomiarów** | | **Data oddania sprawozdania** | | **Poprawa** |
| **07.03.2019** | | **14.11.2019** | | **N** |
| **Temat wykonanego ćwiczenia** | | | | **Ocena** |
| **Termin:**  Czwartek  15:15  Nr grupy  2 | **Bierne układy liniowych przetworników sygnałów** | | | |  |
| **Skład Grupy** | **Kacper Borucki**  **Paweł Rybacki**  **Mikołaj Skorupa** | | **Protokół i sprawozdanie:**  **Kacper Borucki** |  |

# Wstęp teoretyczny i cel ćwiczenia

Bierne układy liniowych przetworników sygnałów służą do przetwarzania sygnałów wejściowych na wyjściowe o innych parametrach, zadanych współczynnikiem przetwarzania, nazywanym transmitancją. W elektronice przetworniki sygnału są na ogół czwórnikami z parą zacisków wejściowych i wyjściowych.

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z aparaturą pomiarową laboratorium, wyznaczenie charakterystyk i transmitancji badanych przetworników napięcia, a także zestawienie uzyskanych wyników pomiarów z wynikami obliczeń prowadzonych na podstawie danych teoretycznych.

# Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenie polegało na badaniu sygnału wejściowego i wejściowego dwóch przetworników napięcia: dzielnika napięcia (przy wymuszeniu napięciowym stałym) oraz filtru środkowoprzepustowego (przy wymuszeniu napięciowym przemiennym o zmiennej częstotliwości).

Przy wykorzystaniu odpowiednich elementów zbudowaliśmy na makiecie najpierw model dzielnika napięcia, na którym dokonywaliśmy pomiarów, a następnie model filtru środkowoprzepustowego który również następnie zbadaliśmy.

W przypadku filtru wykorzystaliśmy oscyloskop w celu uzyskania częstotliwości charakterystycznej.

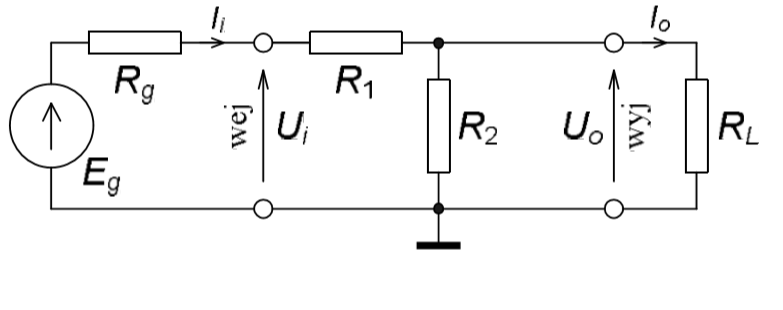
Na koniec ćwiczenia zmierzyliśmy rzeczywiste wartości wykorzystywanych elementów – czyli rezystorów i kondensatorów, aby uzyskać rzeczywiste wartości parametrów badanych układów.

# Spis przyrządów pomiarowych

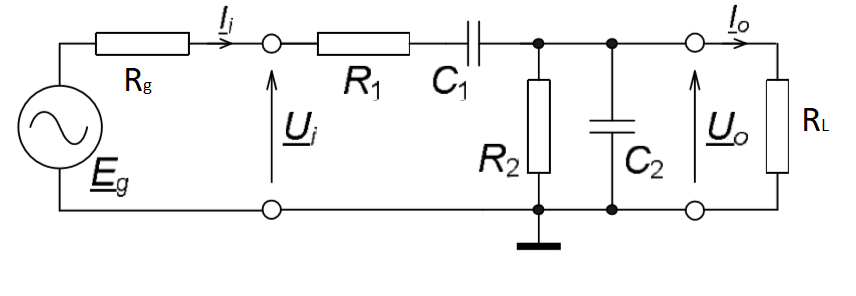
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Nazwa urządzenia** | **Numer** | **Pełniona funkcja** |
| **1** | Multimetr HI-TEC DT-380 | P210 A5 | Woltomierz, omomierz |
| **2** | Multimetr  METEX MX0-4660A | I29-IVa4538 | Woltomierz, miernik częstotliwości |
| **3** | PeakTech 2020 GM | I29-IVa4571 | Oscyloskop |

# Schematy badanych układów oraz układy pomiarowe

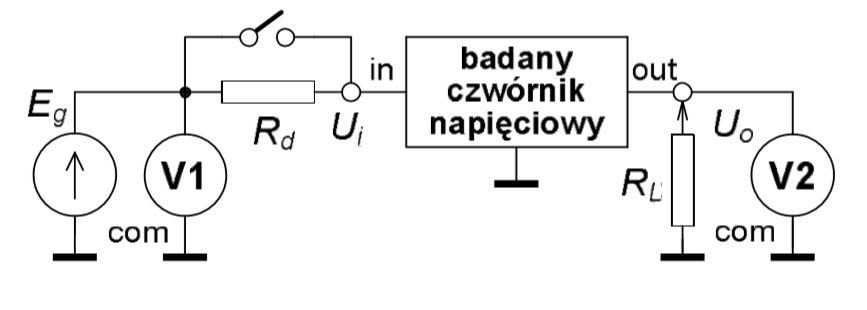
1. Dzielnik napięciowy:



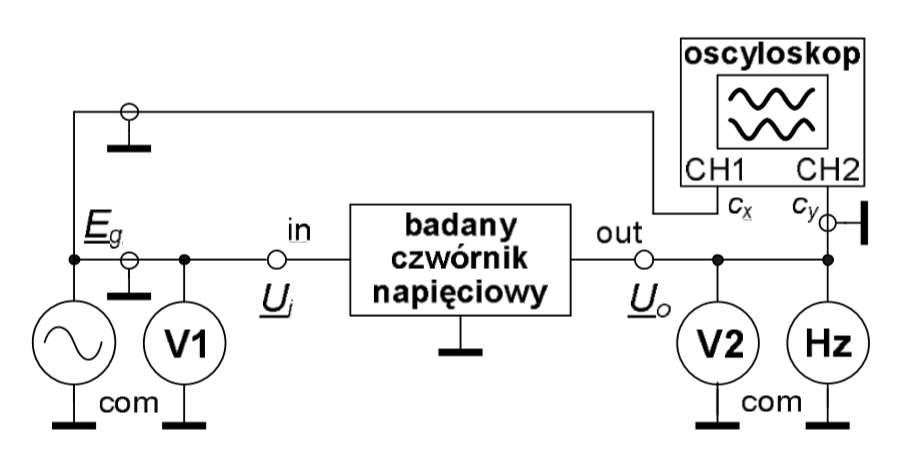
1. Filtr środkowoprzepustowy:



1. Układ pomiarowy dzielnika napięcia:



1. Układ pomiarowy filtru środkowoprzepustowego:



# Tabele pomiarowe

1. Wartości elementów do układów badanych w ćwiczeniu.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Układ | Element | Wartość nominalna | Wartość rzeczywista |
| Rezystancyjny dzielnik napięcia z rys. 1.1 | *R*1 [k] | 10 | 9,92 |
| *R*2 [k] | 0,82 | 0,82 |
| *R*d [k] | 2,7 | 2,65 |
| Środkowoprzepustowy  z rys. 1.9 | *R*1 [k] | 18 | 17,89 |
| *C*1 [nF] | 10 | 12 |
| *R*2 [k] | 1,8 | 1,77 |
| *C*2 [nF] | 100 | 99 |

1. Wyniki badania charakterystyki przejściowej dzielnika.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Punkt 1.3.1A. Badanie charakterystyki przejściowej nieobciążonego (*Rd* = 0  i *RL* ⇒ ∞ ) dzielnika napięciowego przy DC. Przyrządy V1: HI-TEC DT-380, V2: Metex MX0-4660A. | | | | | | | |
| *Ui*znam | [V] | – 10 | – 8 | – 6 | – 4 | – 2 | 0 |
| *Ui* | [V] | -10,73 | -8,17 | -5,98 | -4,03 | -2,14 | 0 (zwora) |
| *Uo* | [V] | -0,809 | -0,616 | -0,451 | -0,304 | -0,161 | 0,001 |
| *Ui*znam | [V] | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | Uwagi: |
| *Ui* | [V] | 9,97 | 8,09 | 6,09 | 4,08 | 2,04 |
| *Uo* | [V] | 0,753 | 0,612 | 0,462 | 0,309 | 0,155 |
| Transmitancja obliczona ze zbadanej charakterystyki: *ku*0 = 0,0756 V/V. | | | | | | | |

1. Wyniki badania rezystancji wyjściowej i wejściowej dzielnika.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Punkt 1.3.1B i C. Pośredni pomiar rezystancji wyjściowej i wejściowej dzielnika napięciowego przy DC. Przyrządy: V2: Metex MX0-4660A , omomierz: HI-TEC DT-380 | | | | | | Uwagi |
| *RL* | [kΩ] | ∞ | \*) 2,65 | ∞ | ∞ |  |
| *Rd* | [kΩ] | 0 | 0 | 0 | \*) 2,65 |
| *Uo* | [V] | *Uo*1=  0,2656 | *Uo*2=  0,2071 | *Uo*3=  0,2656 | *Uo*4=  0,2129 |
| \*) wartości zmierzone, bez niepewności tolerancji  Obliczone rezystancje układu: *Ro* = 0,749 kΩ, *Ri*= 10,55 kΩ | | | | | |

1. Wyniki badania charakterystyki przejściowej układu selektywnego.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Punkt 1.3.2A. Badanie charakterystyki przejściowej układu środkowoprzepustowego sygnałem  sinusoidalnym o *f* = *fo* =  614 Hz. Przyrządy V1: HI-TEC DT-380, V2: Metex MX0-4660A. | | | | | | | |
| *Ui*znam | [V] | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Ui* | [V] | 0 (zwora) | 0,99 | 2,04 | 3,01 | 4,06 | 5,05 |
| *Uo* | [V] | 0,060 | 0,121 | 0,251 | 0,380 | 0,505 | 0,624 |
| Uwagi: Napięcie przy zworze wynikało z rozładowywania się kondensatora. | | | | | | | |
| Transmitancja obliczona ze zbadanej charakterystyki: ⎮*ku*0⎮= 0,124 [V/V]. | | | | | | | |

1. Wyniki badania charakterystyki częstotliwościowej układu selektywnego.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Punkt 1.3.2B. Badanie zależności modułu transmitancji i przesunięcia fazowego od częstotliwości  w układzie selektywnym. Przyrządy V1: HI-TEC DT-380, V2: Metex MX0-4660A,  Częstościomierz: Metex MX0-4660A, Oscyloskop: PeakTech 2020GM. | | | | | | | | | |
| L.p. | *f*znam = | *f* | *Ui* | *Uo* | *B* | *b* | ⎮*ku*0⎮ | ⎮*ku*0⎮ | ** |
|  | [Hz] | [V] | [V] | [dz] | [dz] | [V/V] | [dB] | [o] |
| 1 | *fo*/10 | 63 | 5,05 | 0,396 | 5,8 | 4 | 0,0093 | -40,63 | 43,6 |
| 2 | *fo*/4 | 155 | 5,04 | 0,568 | 8 | 3 | 0,0217 | -33,26 | 22,0 |
| 3 | *fo*/2 | 301 | 5,04 | 0,614 | 6 | 1 | 0,0362 | -28,82 | 9,6 |
| 4 | 2*fo*/3 | 459 | 5,04 | 0,622 | 6 | 0,4 | 0,0444 | -27,06 | 3,8 |
| 5 | 4*fo*/5 | 533 | 5,04 | 0,623 | 6 | 0,2 | 0,0461 | -26,72 | 1,9 |
| 6 | *fo* | 663 | 5,04 | 0,623 | 6 | 0 | 0,0471 | -26,53 | 0,0 |
| 7 | 5*fo*/4 | 821 | 5,05 | 0,621 | 6 | 0,4 | 0,0462 | -26,71 | -3,8 |
| 8 | 3*fo*/2 | 994 | 5,05 | 0,618 | 6 | 0,6 | 0,0438 | -27,17 | -5,7 |
| 9 | 2*fo* | 1323 | 5,06 | 0,610 | 6 | 1 | 0,0384 | -28,31 | -9,6 |
| 10 | 4*fo* | 2697 | 5,06 | 0,574 | 5,6 | 1,9 | 0,0227 | -32,88 | -19,8 |
| 11 | 10*fo* | 6694 | 5,94 | 0,418 | 4,4 | 2,9 | 0,0097 | -40,28 | -41,2 |
| Uwagi: Przy ostatnim pomiarze zwiększyło się napięcie wejściowe. | | | | | | | | | |

1. Porównanie obliczonych oraz rzeczywistych wyników.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Wielkość | Jednostka | Wartość wynikająca z obliczeń | Wartość wynikająca z pomiarów |
| Transmitancja dzielnika napięcia | [V/V] | 0,076 | 0,0756 |
| Rezystancja wyjścia dzielnika napięcia | [ | 10,82 | 10,71 |
| Rezystancja wejścia dzielnika napięcia | [ | 0,76 | 0,749 |
| Transmitancja maksymalna filtru środkowoprzepustowego | [V/V] | 0,048 | 0,0471 |
| Częstotliwość charakterystyczna filtru środkowoprzepustowego | [Hz] | 884 | 663 |
| Transmitancja przy częstotliwości | [V/V] | 0,0099 | 0,0093 |
| Transmitancja przy częstotliwości | [V/V] | 0,0099 | 0,0097 |

# Przykładowe obliczenia

## Dzielnik napięcia

### Wartość współczynnika przetwarzania dzielnika napięcia:

*Wartość końcowa współczynnika przetwarzania jest wartością średnią wszystkich uzyskanych drogą doświadczenia wyników.*

### Rezystancja wyjścia dzielnika napięcia ( – wyprowadzenie wzoru i obliczenia:

### Rezystancja wejścia dzielnika napięcia (:

## Filtr środkowoprzepustowy

### Moduł transmitancji przy (wartość dla zmierzonych rzeczywistych wartości rezystancji elementów):

### Moduł transmitancji dla dowolnej wartości:

### Moduł transmitancji wyrażony w decybelach:

### Argument transmitancji:

# Wykresy

1. Charakterystyka badanego dzielnika napięcia.
2. Charakterystyka badanego filtru środkowoprzepustowego:
3. Charakterystyka filtru środkowoprzepustowego (skala logarytmiczna):
4. Charakterystyka filtru środkowoprzepustowego (częstotliwość w skali logarytmicznej):

# Wnioski

* Według danych przedstawionych w Tab. 1, rzeczywiste parametry poszczególnych elementów różniły się od ich wartości znamionowych, wykorzystywanych przy obliczeniach przed wykonaniem ćwiczenia – z czego oczywiście wynikło sporo różnic pomiędzy wynikami doświadczalnymi a teoretycznymi (Tab. 6).
* Pomimo powyższego faktu, rzeczywista transmitancja dzielnika napięcia tylko nieznacznie różniła się od wartości uzyskanej na drodze obliczeń, co oznacza, że wartości rzeczywiste rezystorów nie różniły się zbytnio od wartości znamionowych.
* Wyprowadzone w punkcie 6.1 wzory umożliwiły zbadanie rezystancji wejściowej i wyjściowej dzielnika napięcia na podstawie pomiaru sygnałów wyjściowych. Uzyskane w ten sposób wyniki również nie różniły się znacząco od uzyskanych drogą obliczeniową wartości.
* W przypadku filtru, można uzyskać podobne do wyżej wymienionych zależności, jednak wymaga to zdecydowanie więcej obliczeń (uwzględnienie impedancji zamiast rezystancji), a także założenia, że oprócz stałej wartości sygnału wyjściowego, stała jest też jego częstotliwość.
* Większe różnice wartości odnotowaliśmy w przypadku filtru środkowoprzepustowego – np. częstotliwość charakterystyczna różniła się o blisko 200Hz. Wyniki te były skutkiem dużej rozbieżności rzeczywistych i nominalnych wartości zastosowanych w układzie kondensatorów.
* Transmitancja filtru środkowoprzepustowego przy częstotliwości charakterystycznej nie odbiegała mocno od obliczonej wartości, pomimo faktu, że sama częstotliwość była różna od tej uzyskanej na drodze obliczeń.
* Charakterystyki uzyskane dla dzielnika napięcia zgadzają się z zakładanymi (są liniowe, z niewielkimi odchyłkami).
* W przypadku filtru środkowoprzepustowego charakterystyka transmitancji w funkcji częstotliwości faktycznie pokrywa się z założeniami, jednak w przypadku funkcji argumentu od częstotliwości widać, że wykres odbiega nieco od oczekiwanego. Być może wystarczyłoby rozszerzyć zakres ćwiczenia o dodatkowe – mniejsze i większe – częstotliwości, aby uzyskać „podręcznikowy” kształt tej charakterystyki.