|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Ćwiczenia laboratoryjne** | | | | | |
| **Data wykonania pomiarów** | | **Data oddania sprawozdania** | | **Poprawa** |
| **16.05.2019** | | **23.05.2019** | | **N** |
| **Temat wykonanego ćwiczenia** | | | | **Ocena** |
| **Termin:**  Czwartek  15:15  Nr grupy  2 | Generator fali sinusoidalnej | | | |  |
| **Skład Grupy** | **Kacper Borucki**  **Paweł Rybacki**  **Mikołaj Skorupa** | | **Protokół i sprawozdanie:**  **Kacper Borucki** |  |

# Wstęp teoretyczny i cel ćwiczenia

Generatory w układach elektronicznych dostarczają zazwyczaj sygnałów okresowych o konkretnej częstotliwości i o pożądanym kształcie fali. Generator musi mieć układ aktywny, zamieniający część energii zasilania w energię sygnału wyjściowego. W naszym przypadku był to wzmacniacz operacyjny.

Celem ćwiczenia było poznanie układu generatora fali sinusoidalnej na wzmacniaczu operacyjnym z selektywnym układem RC, zbadanie wpływu zasilania i obciążenia na układ, badanie wpływu zmian rezystancji w pętli USZ na przebieg sinusoidy i stabilność pracy układu, a także podobne charakterystyki po zmianie czwórnika w pętli USZ i włączeniu żarówki.

# Przebieg ćwiczenia

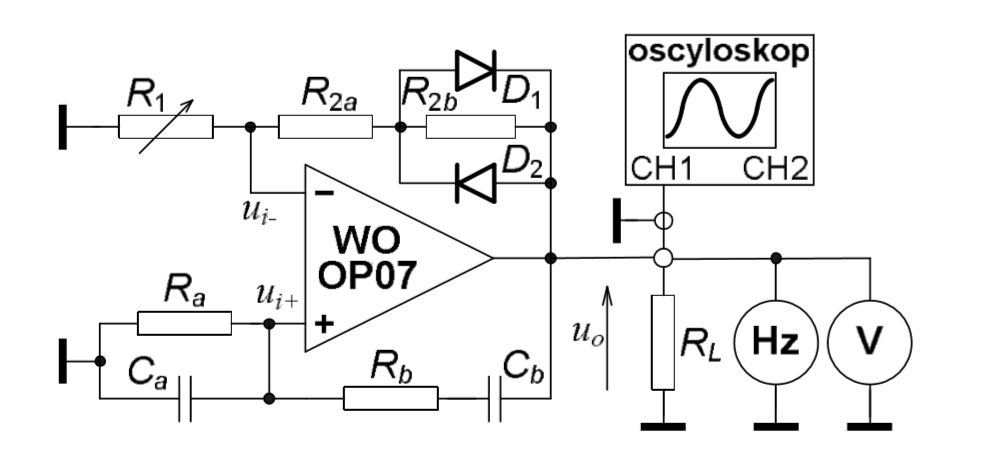
* Połączenie i uruchomienie układu,
* Szybkie zbadanie wpływu rezystancji na kształt generowanej sinusoidy,
* Wykonanie serii badań przy zmianie zasilania (
* Zbadanie wpływu zmian rezystancji w USZ na częstotliwość, napięcie, kształt sinusoidy i stabilność pracy układu (zmiany rezystancji, aby uzyskać odpowiednie napięcie na wyjściu),
* Przeprowadzenie ww. pomiarów przy innej wartości rezystancji ,
* Przeprowadzenie analogicznych pomiarów po wymianie czwórnika w pętli USZ na rezystor i podłączeniu żarówki do układu.

# Spis przyrządów pomiarowych

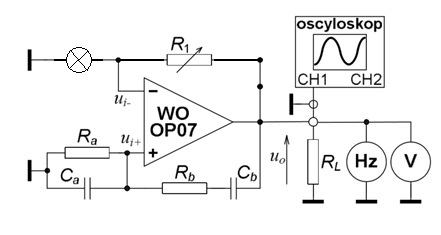
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Nazwa urządzenia** | **Numer** | **Pełniona funkcja** |
| **1** | Multimetr  METEX MX0-4660A | I29-IVa4538 (4) | Woltomierz, miernik częstotliwości |
| **2** | PeakTech 2020 GM | I29-IVa4571 (10) | Oscyloskop |
| **3** | Generator prądu stałego | I29/EW-27a/2000 | Zasilanie układu |

# Schematy badanych układów oraz układy pomiarowe

Rys. 1: Układ generatora fali sinusoidalnej z czwórnikiem Wiena i pętlą stabilizacji amplitudy wraz z elementami i przyrządami do badania.



Rys. 2: Układ z zastosowaniem żaróweczki jako elementu wrażliwego na sygnał:



# Tabele pomiarowe

### Tabela 1: Wartości elementów do układów badanych w ćwiczeniu.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Układ** | **Element** | **Wartość nominalna** |
| Generator sinusoidy | *R*2a [kΩ] | 6,8 lub 3,3 |
| *R*2b [kΩ] | 3,3 |
| *D1, D2* | 1N14148 |
| *R*a [kΩ] | 4,7 |
| *R*b [kΩ] | 4,7 |
| *C*a [nF] | 33 |
| *C*b [nF] | 33 |
| Żaróweczka | 12V/20mA  Rmax = 600 Ω |

### Tabela 2: Badania wpływu zasilania i obciążenia na układ przy .

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wpływ zasilania i obciążenia na generację, pkt. 10.3.2. Stosowana aparatura:       ………………………………… | | | | | | | |
| L.p. | Warunki badania | | Odczyty | | | Obliczenia | |
| *RL* | *U*sup | *f* | *Uo* | *R*1 | *δf* | *δUo* |
| [kΩ] | [V] | [kHz] | [V] | [kΩ] | [%] | [%] |
| 1 | ∞ | ±15 | *fn* = 1,044 | *Uon* = 4,000 | *R*1*n* = 4,002 | − | − |
| 2 | ∞ | ±9 | 1,042 | 3,999 | *R*1*n* | -0,19 | -0,02 |
| 3 | ∞ | +15/−9 | 1,043 | 3,997 | *R*1*n* | -0,10 | -0,08 |
| 4 | ∞ | +9/−15 | 1,043 | 3,997 | *R*1*n* | -0,10 | -0,08 |
| 5 | 1 | ±15 | 1,043 | 3,994 | *R*1*n* | -0,10 | -0,15 |

### Tabela 3: Badania wpływu zasilania i obciążenia na układ przy .

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wpływ zasilania i obciążenia na generację, pkt. 10.3.2. Stosowana aparatura:  oscyloskop, woltomierz, częstotliwościomierz | | | | | | | |
| L.p. | Warunki badania | | Odczyty | | | Obliczenia | |
| *RL* | *U*sup | *f* | *Uo* | *R*1 | *δf* | *δUo* |
| [kΩ] | [V] | [kHz] | [V] | [kΩ] | [%] | [%] |
| 1 | ∞ | ±15 | *fn* = 1,044 | *Uon* = 4,003 | *R*1*n* = 4,042 | − | − |
| 2 | ∞ | ±9 | 1,042 | 4,003 | *R*1*n* | -0,19 | 0,00 |
| 3 | ∞ | +15/−9 | 1,043 | 4,002 | *R*1*n* | -0,10 | -0,02 |
| 4 | ∞ | +9/−15 | 1,043 | 4,004 | *R*1*n* | -0,10 | 0,02 |
| 5 | 1 | ±15 | 1,043 | 4,001 | *R*1*n* | -0,10 | -0,05 |

### Tabela 4: Badania wpływu zmian rezystancji na układ przy .

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wpływ *R*1na generację, *RL*=∞ Ω, *U*sup = ± 15 V, pkt. 10.3.3. Stosowana    aparatura: oscyloskop, woltomierz, częstotliwościomierz | | | | | | |
| L.p. | Znamion. | Odczyty - pomiary | | | Obliczenia | |
| *Uo* | *Uo* | *f* | *R*1 | *δf* | *δR*1 |
| [V] | [V] | [kHz] | [kΩ] | [%] | [%] |
| 1 | 8,5 | 8,504 | 1,046 | 3,619 | 0,19 | -10 |
| 2 | 8,0 | *7,991* | 1,045 | 3,640 | 0,10 | -9 |
| 3 | 7,5 | 7,508 | 1,045 | 3,663 | 0,10 | -8 |
| 4 | 7,0 | 6,993 | 1,045 | 3,681 | 0,10 | -8 |
| 5 | 6,5 | 6,505 | 1,045 | 3,752 | 0,10 | -6 |
| 6 | 6,0 | 5,998 | 1,044 | 3,789 | 0,00 | -5 |
| 7 | 5,5 | 5,496 | 1,044 | 3,833 | 0,00 | -4 |
| 8 | 5,0 | 5,004 | 1,044 | 3,884 | 0,00 | -3 |
| 9 | 4,5 | 4,504 | 1,044 | 3,946 | 0,00 | -1 |
| 10 | 4,0 | 3,993 | 1,044 | 4,044 | 0,00 | 1 |
| 11 | 3,5 | 3,507 | 1,044 | 4,137 | 0,00 | 3 |
| 12 | 3,0 | 2,994 | 1,044 | 4,267 | 0,00 | 7 |
| 13 | 2,5 | 2,496 | 1,044 | 4,430 | 0,00 | 11 |
| 14 | 2,0 | 2,012 | 1,047 | 4,626 | 0,29 | 16 |
| 15 | 1,75 | 1,750 | 1,048 | 4,736 | 0,38 | 18 |
| 16 | 1,5 | 1,500 | 1,048 | 4,826 | 0,38 | 21 |
| 17 | 1,25 | 1,249 | 1,049 | 4,880 | 0,48 | 22 |
| 18 | 1,0 | 0,998 | 1,049 | 4,900 | 0,48 | 22 |
| 19 | 0,75 | 0,749 | 1,049 | 4,9053 | 0,48 | 23 |

### Tabela 5: Badania wpływu zmian rezystancji na układ przy .

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wpływ *R*1na generację, *RL*=∞ Ω, *U*sup = ± 15 V, pkt. 10.3.3. Stosowana    aparatura: oscyloskop, woltomierz, częstotliwościomierz | | | | | | |
| L.p. | Znamion. | Odczyty - pomiary | | | Obliczenia | |
| *Uo* | *Uo* | *f* | *R*1 | *δf* | *δR*1 |
| [V] | [V] | [kHz] | [kΩ] | [%] | [%] |
| 1 | 8,5 | 8,507 | 1,046 | 3,650 | 0,19 | -10 |
| 2 | 8,0 | *8,012* | 1,045 | 3,671 | 0,10 | -9 |
| 3 | 7,5 | 7,500 | 1,045 | 3,695 | 0,10 | -9 |
| 4 | 7,0 | 6,988 | 1,045 | 3,722 | 0,10 | -8 |
| 5 | 6,5 | 6,506 | 1,045 | 3,752 | 0,10 | -7 |
| 6 | 6,0 | 5,999 | 1,045 | 3,789 | 0,10 | -6 |
| 7 | 5,5 | 5,495 | 1,045 | 3,833 | 0,10 | -5 |
| 8 | 5,0 | 5,012 | 1,045 | 3,883 | 0,10 | -4 |
| 9 | 4,5 | 4,494 | 1,043 | 3,947 | -0,10 | -2 |
| 10 | 4,0 | 4,009 | 1,043 | 4,041 | -0,10 | 0 |
| 11 | 3,5 | 3,532 | 1,043 | 4,131 | -0,10 | 2 |
| 12 | 3,0 | 3,005 | 1,043 | 4,263 | -0,10 | 5 |
| 13 | 2,5 | 2,486 | 1,045 | 4,433 | 0,10 | 10 |
| 14 | 2,0 | 1,995 | 1,047 | 4,632 | 0,29 | 15 |
| 15 | 1,75 | 1,758 | 1,048 | 4,732 | 0,38 | 17 |
| 16 | 1,5 | 1,498 | 1,048 | 4,826 | 0,38 | 19 |
| 17 | 1,25 | 1,254 | 1,049 | 4,879 | 0,48 | 21 |
| 18 | 1,0 | 1,027 | 1,049 | 4,899 | 0,48 | 21 |
| 19 | 0,75 | 0,724 | 1,049 | 4,906 | 0,48 | 21 |

### Tabela 6: Badania wpływu zmian rezystancji na układ z żaróweczką.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wpływ *R*1na generację, *RL*=∞ Ω, *U*sup = ± 15 V, pkt. 10.3.3. Stosowana    aparatura: oscyloskop, woltomierz, częstotliwościomierz | | | | | | |
| L.p. | Znamion. | Odczyty - pomiary | | | Obliczenia | |
| *Uo* | *Uo* | *f* | *R*1 | *δf* | *δR*1 |
| [V] | [V] | [kHz] | [kΩ] | [%] | [%] |
| 1 | 8,0 | 7,978 | 1,046 | 0,649 | -0,1 | 42 |
| 2 | 7,0 | *7,014* | 1,047 | 0,612 | 0,0 | 34 |
| 3 | 6,0 | 6,070 | 1,047 | 0,5700 | 0,0 | 24 |
| 4 | 5,0 | 4,999 | 1,047 | 0,519 | 0,0 | 13 |
| 5 | 4,0 | 4,011 | 1,047 | 0,458 | 0,0 | 0 |
| 6 | 3,0 | 3,007 | 1,047 | 0,388 | 0,0 | -15 |
| 7 | 2,0 | 1,976 | 1,047 | 0,299 | 0,0 | -35 |
| 8 | 1,0 | 1,0255 | 1,047 | 0,212 | 0,0 | -54 |

### Tabela 7: Porównanie wyników obliczeń z wynikami pomiarów:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Układ** | **Wielkość** | **Wartość obliczona** | **Wartość z doświadczenia** |
| Generator sygnału sinusoidalnego | Częstotliwość generacji układu generatora |  |  |
| Rezystancja spełniająca warunek wzbudzenia i stabilnej pracy układu |  |  |

# Przykładowe obliczenia

* Względne zmiany wartości:
  + Rezystancja:
  + Częstotliwość:

# Wykresy

### Wykres 1: Zależności oraz dla przypadku

### Wykres 2: Zależności oraz dla przypadku

### Wykres 3: Zależności oraz dla przypadku układu z żaróweczką

### Wykres 3: Zależności oraz wszystkich układów

# Sfotografowane przebiegi na oscyloskopie

Tabela 1: Przebiegi w zależności od od :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **(zwarcie)** | **(układ otwarty)** |  |
|  |  |  |

Tabela 2: Przebiegi w zależności od

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |

# Wnioski

* Otrzymane przebiegi świadczą o prawidłowości działania całego układu.
* W przypadku braku rezystora przebieg napięcia na wyjściu układu jest równy 0, co jest spowodowane rozwarciem układu sprzężenia zwrotnego. W przypadku zwarcia w sprzężeniu zwrotnym, przebieg przypomina kwadratowy, jednak wynika to z faktu osiągnięcia wysokiej amplitudy napięcia – pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego nie ogranicza jej w żaden sposób, więc wartość ta prawdopodobnie wykracza poza zakres pracy wzmacniacza.
* Wartości znamionowe generatora różnią się od tych obliczonych – zarówno częstotliwość, jak i rezystancja . Może być ku temu kilka powodów, jak np. przyjęcie nieprawidłowych danych parametrów czwórnika do obliczeń, przyjętych uproszczeń w wyznaczaniu (np. przyjęcie rezystancji zastępczej czwórnika jako , a także idących z tego uproszczeń obliczenia całej rezystancji . To w połączeniu z niepewnościami rezystorów rzeczywistych w układzie mogło zmienić w dość znaczącym stopniu wynik doświadczenia.
* Rozbieżność częstotliwości wynika z niedokładności obliczenia stałej czasowej – rzeczywiste parametry kondensatora i rezystora mogły różnić się od znamionowych.
* Zgodnie z tabelami 2 i 3, zmiany w zasilaniu i obciążeniu mają niewielki wpływ na przebieg sygnału wyjściowego, a spośród nich to zmiany w obciążeniu mają większy wpływ na ten przebieg.
* Na podstawie przebiegów można uznać, że optymalny zakres rezystancji dla generatora mieści się w granicach od rezystancji znamionowej do rezystancji o ok. 15% większej od niej. Poniżej i powyżej tego zakresu zmiany w napięciu stają się nieliniowe i regulacja amplitudy sprawia pewien kłopot. Sam przebieg napięcia również nieznacznie odkształca się od początkowej sinusoidy. To spostrzeżenie dotyczy obydwu przypadków.
* Przy osiąganiu niewielkich wartości napięcia, w przypadku układu z można było zauważyć drgania przebiegu na oscyloskopie, w przypadku układu z owe drgania były zauważalne nieco później, ale przy najniższych wartościach napięcia jego amplituda się nie ustabilizowała.
* W przypadku układu z żaróweczką, aby uzyskać mniejszą wartość napięcia, należało zmniejszać rezystancję – czyli odwrotnie do poprzednich układów. Kolejną zasadniczą różnicą był fakt bardzo dużej względnej zmiany rezystancji nastawnej, a także praktycznie brak wahań w częstotliwości.
* Po zestawieniu wszystkich charakterystyk na jednym wykresie można zauważyć, że w porównaniu do przebiegów z czwórnikiem, przebieg charakterystyki napięcia wyjściowego układu z żaróweczką w niemal całym zakresie regulacji wygląda na zbliżony do liniowego.
* Układ z żaróweczką dłużej stabilizował napięcie – wahania były widoczne przez zauważalny okres czasu. Przyczyną tego może być fakt, że rezystancja żaróweczki zależy od temperatury i wymaga chwili na ustabilizowanie się.
* Układ z żaróweczką zapewnił nieco bardziej zbliżony do sinusoidy przebieg napięcia, zatem układ ten jest lepszy jakościowo od układu z czwórnikiem.