

# Laboratorium Elektroniki w Eksperymentach Fizycznym

## Ćwiczenie 9

*Instrukcja wykonawcza do ćwiczenia*

### Pomiary sygnałów w dziedzinie częstotliwości

*Na podstawie pracy dyplomowej inżynierskiej Kajetana Różyckiego,  
wykonanej pod kierunkiem dr inż. Wiesława Tłaczały na Wydziale Fizyki PW w roku 2009,  
opracował dr inż. Dariusz Tefelski*

## 1. Wstęp teoretyczny

Jedną z metod opisu sygnałów elektrycznych jest metoda opisu w dziedzinie częstotliwości. Polega ona na podaniu cech takich jak amplituda, częstotliwość oraz faza przebiegów harmonicznym, na który można rozłożyć sygnał  $f(t)$ . Zespół tych danych tworzy widmo częstotliwościowe sygnału  $F(\omega)$ .

Ciągłą i okresową funkcję czasu o okresie  $T$ , można przedstawić jako sumę funkcji harmonicznym, która tworzy szereg Fouriera:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left[ a_k \cos\left(\frac{2\pi k t}{T}\right) + b_k \sin\left(\frac{2\pi k t}{T}\right) \right] \quad (1)$$

gdzie:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos\left(\frac{2\pi k t}{T}\right) dt \quad (2)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin\left(\frac{2\pi k t}{T}\right) dt \quad (3)$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (4)$$

Częstotliwości kołowe kolejnych składników szeregu są wielokrotnością częstości podstawowej  $\omega_1$  i nazywane są częstotliwościami harmonicznymi.

$$\omega_k = k \omega_1 = k \frac{2\pi}{T} \quad (5)$$

Szereg (1) można zapisać w postaci:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos\left(\frac{2\pi k t}{T} - \varphi_k\right) \quad (6)$$

gdzie:

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad (7)$$

$$\varphi_k = \arctan\left(\frac{b_k}{a_k}\right) \quad (8)$$

## 2. Obliczenia

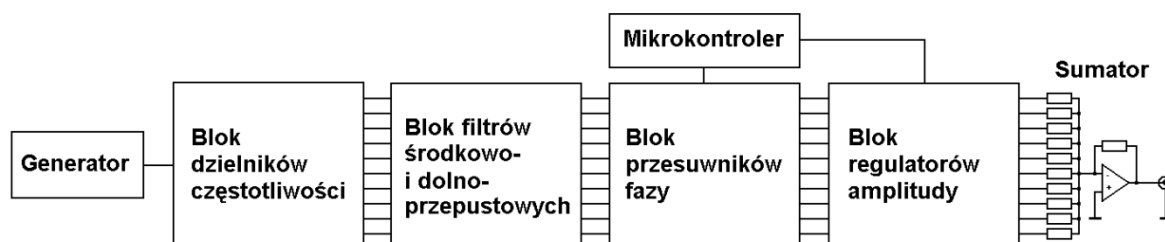
Ćwiczenie „Pomiary sygnałów w dziedzinie częstotliwości” jest ćwiczeniem projektowym. Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy obliczyć współczynniki  $a_k$ ,  $b_k$ ,  $c_k$ ,  $\varphi_k$  dla  $k=1...10$  dla przydzielonej dla zespołu funkcji. Wyniki obliczeń wraz z wykresem rozkładanej funkcji należy przedłożyć prowadzącemu na zajęciach.

Z punktu widzenia użytkownika sumatora, istotne parametry kolejnych harmonicznych to parametry  $c_k$  oraz  $\varphi_k$  (odpowiednio amplituda i przesunięcie fazowe k-tej harmonicznej). Zauważ, że składowa stała (pierwszy człon równania (6)) jest nieistotny.

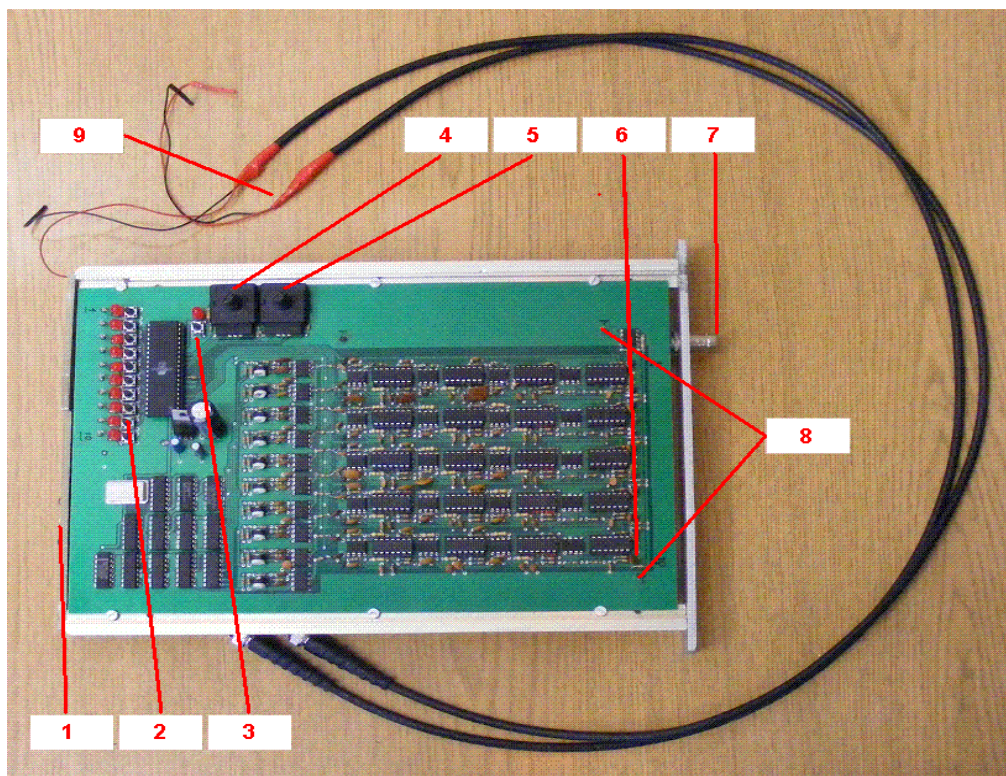
Celem ćwiczenia jest odtworzenie zadanej funkcji na ekranie oscyloskopu za pomocą ustawienia parametrów: amplitudy oraz przesunięcia fazowego, 10-ciu składowych sygnałów harmonicznych.

## 3. Stanowisko pomiarowe

Stanowisko pomiarowe składa się z sumatora harmonicznych, zasilacza oraz oscyloskopu dwukanałowego. Schemat blokowy układu sumatora harmonicznych przedstawia rys. 1, natomiast rozmieszczenie elementów przedstawia rys. 2.



Rys. 1 Schemat blokowy układu sumatora harmonicznych

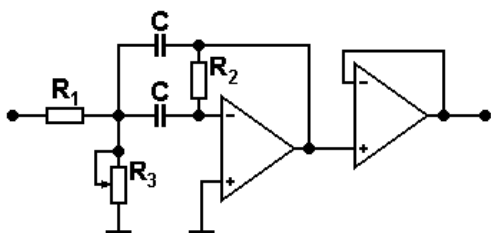


Rys. 2 Sumator harmonicznych

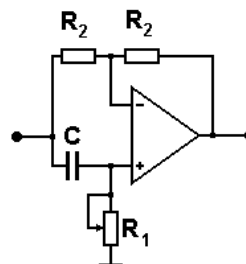
Lista najważniejszych, z punktu widzenia użytkownika, elementów (oznaczone na rys. 2):

- 1 Gniazdo zasilania
- 2 Przyciski wyboru harmonicznej
- 3 Przycisk dokładnego strojenia
- 4 Pokrętko regulacji przesunięcia fazowego z opisem „FAZA”
- 5 Pokrętko regulacji amplitudy z opisem „AMPLITUDA”
- 6 Piny sygnałowe poszczególnych harmonicznych
- 7 Gniazdo BNC – sumacyjny sygnał wyjściowy
- 8 Piny masy z opisem „MASA”
- 9 Kable koncentryczne A i B, zakończone dwoma przewodami: masy (czarny) i sygnałowym (czerwony)

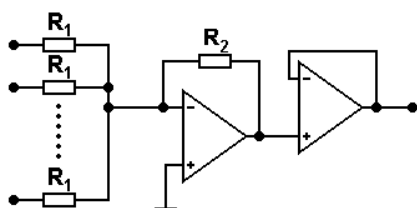
Sumator harmonicznych wytwarza 10 zsynchronizowanych ze sobą sygnałów harmonicznych o częstotliwości podstawowej  $f_1=416,1\text{Hz}$ . Na schemacie blokowym (rys.1), pierwszym elementem od lewej jest generator sygnału prostokątnego, którego częstotliwość jest dzielona w dzielnikach częstotliwości tak, aby uzyskać kolejne 10 częstotliwości harmonicznych. Następnie sygnały prostokątne przechodzą przez układy filtrów środkowoprzepustowych (rys. 3), które odcinają wyższe częstotliwości pozostawiając sygnał sinusoidalny o wymaganej częstotliwości. Sygnały dalej prowadzone są przez niezależne tory analogowe zawierające wzmacniacze i przesuwniki fazowe (rys. 4). Regulacja następuje poprzez układy potencjometrów cyfrowych, sterowanych z mikrokontrolera. Sygnał analogowy następnie dociera do sumatora (rys. 5) (konfiguracja odwracająca wzmacniacza) i wyprowadzony jest na wyjściowe gniazdo BNC.



Rys. 3 Schemat ideowy filtra środkowopasmowego



Rys. 4 Schemat ideowy przesuwnika fazowego



Rys. 5 Schemat ideowy sumatora

#### 4. Przygotowanie stanowiska do wykonania ćwiczenia

Wtyczkę zasilającą stołu laboratoryjnego należy włożyć do gniazda zasilania /1/ a następnie włączyć zasilanie  $\pm 15\text{V}$ .

W oscyloskopie należy uruchomić oba kanały w trybie pracy „DUAL” oraz wybrać sprzężenie „AC”. Należy wybrać tryb pracy oscyloskopu „Normal” natomiast wyzwalanie „Trig” powinno być nastawione na kanał „A”.

Do obu wejść oscyloskopu należy dołączyć kable /9/. Czarne końcówki obu przewodów należy założyć na piny „MASA” /8/

## 5. Nastawa parametrów

Końcówkę przewodu czerwonego w kablu podłączonym do jednego z kanałów oscyloskopu należy założyć na pin /6/ oznaczony numerem harmonicznej, której parametry chcemy nastawiać. Na oscyloskopie powinien wtedy pojawić się jej przebieg. Następnie należy przytrzymać wciśnięty przycisk /2/ oznaczony numerem harmonicznej, aż zapali się sąsiadująca z nim dioda. W tym momencie pokrętki /4/ i /5/ zaczynają wpływać na parametry danej harmonicznej. Należy zwrócić uwagę na to, aby omyłkowo nie regulować harmonicznej innej niż podłączona do oscyloskopu.

Po wybraniu sterowania żadaną harmoniczną należy nastawić jej żadaną amplitudę – korzystając z pokrętki „AMPLITUDA” /5/ a następnie przesunięcie fazowe wykorzystując pokrętkę „FAZA” /4/.

Opisaną procedurę należy najpierw wykonać dla pierwszej, podłączonej do kanału „A” oscyloskopu, harmonicznej. Następnie należy ją powtórzyć na pozostałych harmonicznych przy użyciu drugiego kabla, podłączonego do kanału „B” oscyloskopu. Przebieg pierwszej harmonicznej widoczny w kanale „A” oscyloskopu będzie służył za odniesienie do regulacji pozostałych harmonicznych obserwowanych w kanale „B”.

## 6. Obserwacja ostatecznej funkcji

Po ustawieniu parametrów wszystkich sygnałów składowych należy odłączyć od kanału B oscyloskopu kabel B, a w jego miejsce podłączyć kabel koncentryczny z dwoma wtykami BNC, z których ten drugi należy połączyć z gniazdem BNC na płycie czołowej sumatora. W tym momencie na ekranie oscyloskopu powinien pojawić się przebieg odwzorowujący funkcję będącą sumą wszystkich harmonicznych.

**Uwaga 1:** Ze względu na zastosowanie wzmacniacza w konfiguracji odwracającej w obwodach wyjściowych sumatora harmonicznych, obserwowany sygnał sumacyjny jest odwrócony i aby uzyskać prawidłowy wynik, należy na oscyloskopie załączyć opcję „odwrócenie kanału B”.

**Uwaga 2:** Ponieważ zakres regulacji przesunięcia fazowego jest ograniczony, może zaistnieć konieczność wstępnego przesunięcia pierwszej harmonicznej, tak, aby przesunięcia kolejnych harmonicznych można było dokładnie ustawić.

W przypadku, gdy otrzymana funkcja różni się od oczekiwanej, należy powtórnie wykonać kroki opisane w punkcie *Nastawianie Parametrów*.

## 7. Przygotowanie sprawozdania

W sprawozdaniu powinny znaleźć się wykonane obliczenia amplitud, faz kolejnych harmonicznych sygnału, wykresy przebiegu zadanej funkcji oraz zdjęcie otrzymanego przebiegu na ekranie oscyloskopu. Ponadto powinny znaleźć się odpowiedzi na następujące zagadnienia:

1. Jakie warunki musi spełniać funkcja, aby można ją było rozłożyć na szereg Fouriera?
2. Czy przebieg o dyskretnym widmie częstotliwościowym musi być okresowy?
3. Jakie są ograniczenia syntezy zadanego przebiegu za pomocą wykorzystywanego sumatora harmonicznych.
4. Jak na ekranie oscyloskopu odczytać fazy składowych?
5. Jak należy regulować fazy składowych fourierowskich?
6. Czym spowodowane zostało odchylenie otrzymanego kształtu funkcji od założonego?

## 8. Bibliografia

1. J. Szabatin, „Podstawy teorii sygnałów”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007