

Ćwiczenie 5

Prawa autorskie zastrzeżone:
Zakład Teorii Obwodów PWr

SZEREGI FOURIERA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z analizą i syntezą sygnałów okresowych w dziedzinie częstotliwości.

W ćwiczeniu należy:

- wyznaczyć wykładniczy szereg Fouriera sygnałów okresowych podanych przez prowadzącego ćwiczenie,
- przeprowadzić syntezę sygnałów okresowych na podstawie znajomości ich dziesięciu pierwszych harmonicznych,
- porównać zmierzone współczynniki wykładniczego szeregu Fouriera ze współczynnikami teoretycznymi,
- zmierzyć dyskretne widmo sygnału okresowego na wyjściu układu RLC.

A. Wprowadzenie

1. Wykładniczy szereg Fouriera

Sygnał $f(t)$ nazywa się okresowym (periodycznym), jeżeli istnieje taka najmniejsza liczba $T > 0$ (zwana okresem), że dla dowolnego t :

$$f(t) = f(t + kT), \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Sygnał okresowy $f(t)$, spełniający warunki Dirichleta, czyli:

- mający w okresie skończoną liczbę punktów nieciągłości pierwszego rodzaju,
- mający skończoną liczbę ekstremów (przedziałami monotoniczny)

może być zapisany w postaci wykładniczego szeregu Fouriera:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \underline{F}_k e^{jk\omega_0 t}, \quad (2)$$

gdzie

$$\underline{F}_k = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) e^{-jk\omega_0 t} dt = |\underline{F}_k| e^{j\varphi_k} \quad (3)$$

przy czym

$F_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt$ jest składową stałą (wartością średnią), a $\omega_0 = 2\pi/T$ – pulsacją podstawową,

zaś t_0 może być wybrane dowolnie (wartość całki nie zależy od wyboru t_0).

Bazą rozwinięcia w wykładniczy szereg jest zbiór funkcji ortogonalnych typu $e^{jk\omega_0 t}$, dla $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ oraz dowolnego przedziału o długości równej okresowi. W skrócie operację rozwinięcia (1) można zapisać $f(t) \leftrightarrow \underline{F}_k$.

Szereg (1) jest zbieżny prawie wszędzie do $f(t)$, tzn. dla każdego t , z wyjątkiem punktów nieciągłości pierwszego rodzaju sygnału $f(t)$. W tych punktach nieciągłości szereg jest zbieżny do średniej:

$$\frac{1}{2} [f(t_{i-}) + f(t_{i+})].$$

Rozwinięcie (1) można zapisać w równoważnej postaci:

$$f(t) = F_0 + \sum_{n=1}^{\infty} 2|F_k| \cos(k\omega_0 t + \arg\{F_k\}). \quad (4)$$

Do powyższego wzoru można dojść korzystając z zależności:

$$\underline{F}_k e^{jk\omega_0 t} + \underline{F}_{-k} e^{-jk\omega_0 t} = 2|\underline{F}_k| \cos(k\omega_0 t + \varphi_k). \quad (5)$$

Zależność (3) ma prostą interpretację fizyczną. Wskazuje ona na to, że funkcję okresową o okresie T można traktować jako sumę składowej stałej F_0 i nieskończenie wielu przebiegów sinusoidalnych o pulsacjach będących wielokrotnościami pulsacji podstawowej ω_0 (**harmonicznym**). Współczynniki $2|\underline{F}_k| = F_{m,k}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$) są amplitudami tych składowych, współczynniki φ_k ich fazami początkowymi.

1. Podstawowe właściwości wykładniczego szeregu Fouriera.

Niech funkcje $f(t)$ i $g(t)$ mają tę samą okres T i niech $f(t) \leftrightarrow \underline{F}_k$, $g(t) \leftrightarrow \underline{G}_k$. Zbiory współczynników szeregów Fouriera mają następujące właściwości:

1. liniowość: $\alpha f(t) + \beta g(t) \leftrightarrow \alpha \underline{F}_k + \beta \underline{G}_k$,
2. przesunięcie w dziedzinie czasu: $f(t - t_0) \leftrightarrow \underline{F}_k e^{-jk\omega_0 t_0}$,
3. różniczkowanie w dziedzinie czasu: $\frac{d^n}{dt^n} \{f(t)\} \leftrightarrow (jk\omega_0)^n \underline{F}_k$,
4. $\underline{F}_k^* = \underline{F}_{-k}$, gdzie $(\cdot)^*$ oznacza operację sprzężenia; z tej własności wynika, że
 $|\underline{F}_k| = |\underline{F}_{-k}|$ - dyskretne widmo amplitudowe jest parzystą funkcją k ,
 $\varphi_k = -\varphi_{-k}$ - dyskretne widmo fazowe jest nieparzystą funkcją k ,
5. Współczynniki okresowego ciągu delt Diraca: $\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT)$ są równe

$$\underline{F}_k = \frac{1}{T}.$$

Definicje:

1. Zbiór współczynników $\{\underline{F}_k\}$ nazywany jest dyskretnym widmem częstotliwościowym sygnału okresowego $f(t)$.
2. Zbiór współczynników $\{|\underline{F}_k|\}$ nazywany jest dyskretnym (prążkowym) widmem amplitudowym sygnału okresowego $f(t)$.
3. Zbiór współczynników $\left\{ \varphi_k = \arg \underline{F}_k = \frac{\pi \operatorname{sign}(\operatorname{Im}\{\underline{F}_k\})}{2} - \arctg\left(\frac{\operatorname{Re}\{\underline{F}_k\}}{\operatorname{Im}\{\underline{F}_k\}}\right) \right\}$ nazywany jest dyskretnym widmem fazowym sygnału okresowego $f(t)$.

3. Wartość średnia i skuteczna funkcji okresowej. Twierdzenie Parsevala.

Dla sygnałów okresowych można podać następujące stwierdzenia:

1. Wartość średnia (składowa stała) sygnału okresowego $f(t)$ jest równa:

$$F_{sr} = F_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt.$$

2. Wartość średnia sumy sygnałów okresowych o tym samym okresie T jest równa sumie wartości średnich tych sygnałów.

3. Twierdzenie Parsevala dla szeregów Fouriera

$$\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t)g(t)dt = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \underline{F}_k \underline{G}_k^*.$$

Z twierdzenia Parsevala wynika, że $\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t)dt = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |\underline{F}_k|^2$.

4. Wartość skuteczna sygnału okresowego $f(t)$ jest równa:

$$F_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t)dt} = \sqrt{\sum_{k=-\infty}^{\infty} |\underline{F}_k|^2} = \sqrt{F_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} F_{k,sk}^2},$$

F_{sk} jest wartością skuteczną sygnału, $F_{k,sk} = \frac{2|\underline{F}_k|}{\sqrt{2}}$ jest wartością skuteczną k -tej harmonicznej sygnału.

4. Reakcja układu na pobudzenie okresowe

Reakcję układu na pobudzenie okresowe można wyznaczyć:

$$r(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \underline{R}_n e^{jk\omega_0 t} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} H(jk\omega_0) \underline{P}_k e^{jk\omega_0 t}, \quad (6)$$

gdzie

$$p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \underline{P}_k e^{jk\omega_0 t},$$

$H(jk\omega_0) = H(s)|_{s=jk\omega_0}$ - wartość transmitancji układu stabilnego w sensie **BIBO** dla $\omega = k\omega_0$.

Moc czynna wydzielona w rezystancji 1Ω przy pobudzeniu prądem lub napięciem okresowym jest równa

$$P = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t)dt = F_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} F_{k,sk}^2,$$

gdzie $u(t)$ lub $i(t) \leftrightarrow \underline{F}_k$

B. Część laboratoryjna

Wykaz przyrządów:

- analizator widma,
- komputerowy syntezer funkcji okresowej,
- generator funkcji okresowej,
- oscyloskop,
- układ RLC,
- miernik wartości skutecznej.

1. Synteza funkcji okresowych

1.1. Rozwinąć wskazaną przez prowadzącego ćwiczenie funkcję okresową w wykładniczy szereg Fouriera. Określić wartości liczbowe współczynników $|F_k|$ i φ_k dla pierwszych dziesięciu harmonicznych.

1.2. Przeprowadzić syntezę funkcji okresowej na podstawie obliczonych współczynników $|F_k|$ i φ_k . Skorzystać z programu komputerowego syntezy funkcji okresowych.

2. Badanie widma amplitudowego i fazowego sygnałów okresowych

2.1. Na wejście oscyloskopu podać z generatora funkcji okresowych kolejno cztery wybrane przez prowadzącego sygnały okresowe i zmierzyć ich charakterystyczne parametry. Oscylogramy wydrukować.

2.2. Na wejście analizatora widma podać sygnały okresowe wybrane w p. 2.1. Wyznaczyć amplitudowe i fazowe widmo prążkowe. Uzyskane wyniki porównać z widmem teoretycznym.

3. Badanie widma amplitudowego na wyjściu układu RLC

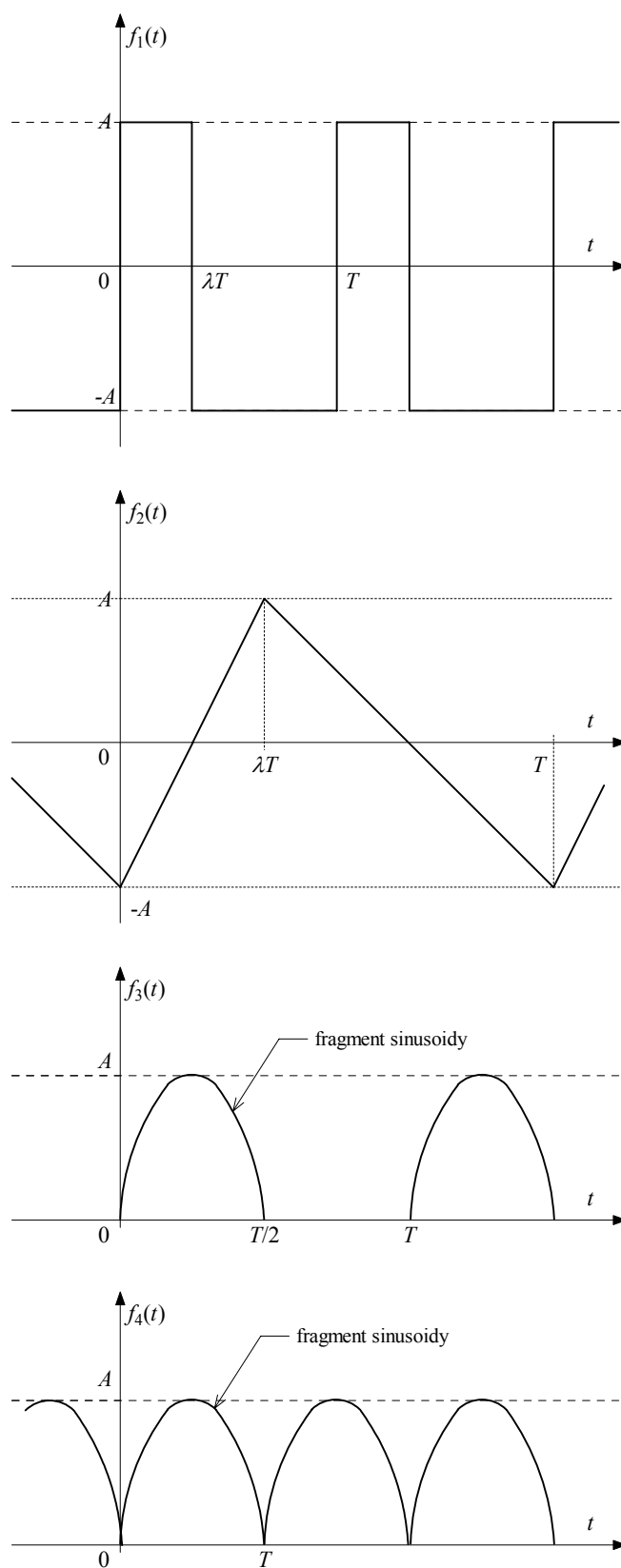
3.1. Na wejście układu RLC z generatora funkcji okresowych podać jeden z czterech wybranych w p. 2.1 sygnałów. Do wyjścia układu RLC dołączyć analizator widma. Zmierzyć amplitudowe widmo prążkowe na wyjściu układu. Na podstawie pomiarów wyznaczyć i narysować wartości charakterystyki amplitudowej badanego układu dla kolejnych harmonicznych.

4. Wyznaczanie wartości skutecznej sygnału okresowego

4.1. Zmierzyć za pomocą woltomierza mierzącego prawdziwą wartość skuteczną (true RMS) wartość skuteczną sygnałów wybranych w p. 2.1 (należy pamiętać, że miernik oddzielnie mierzy wartość składowej stałej DC i wartość skuteczną składowej zmiennej AC). Porównać te wartości z odpowiednimi wartościami teoretycznymi wyznaczonymi z twierdzenia Parsevala (amplitudy sygnałów przyjąć z pomiarów z p. 2.1).

Uwagi:

1. Generator funkcji okresowej wytwarza różne przebiegi okresowe, między innymi o postaci przedstawionej na rys. 1



Rys. 1

2. Przed przystąpieniem do zajęć należy przedstawić prowadzącemu samodzielnie obliczone rozwinięcia sygnałów okresowych z rys. 1 w wykładniczy szereg Fouriera. Należy znaleźć dla tych sygnałów wartości $\left| \frac{F_k}{F_1} \right|$ i φ_k dla $k=1,2,3,\dots$ oraz $\lambda=\frac{1}{2}$ dla sygnału prostokątnego i $\lambda=\frac{1}{4}$ dla piłokształtnego.
3. **Punkt 2 i 4 należy wykonywać jednocześnie.**

Sprawozdanie powinno między innymi zawierać dla każdego z analizowanych przebiegów:

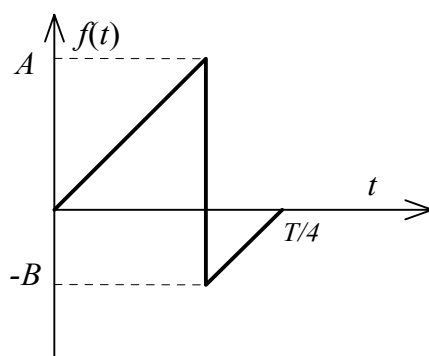
- rysunek kształtu przebiegu z poprawnie wyznaczonym wzorem na F_k ,
- tabelkę zawierającą następujące elementy:

L.p	$\left \frac{F_k}{F_1} \right $	$\left \frac{F_k}{F_1} \right $	φ_{obl}	φ_{zmierz}	Uwagi
	$\left \frac{F_k}{F_1} \right _{\max}$	$\left \frac{F_k}{F_1} \right _{\max}$			
	$_{obl}$	$_{zmierz}$			

- Wyznaczone wartości skuteczne bezpośrednio z definicji oraz z tw. Parsewala. Odpowiednie parametry sygnału okresowego należy odczytać z oscyloskopu. Porównać tak otrzymane wyniki z wartościami skutecznymi otrzymanymi w pkt. 4.

Pytania kontrolne

- Które z poniższych sygnałów są okresowe? Dla sygnałów okresowych obliczyć okresy.
 - $f(t) = A_1 \sin(3\pi \cdot 10^3 t) + A_2 \sin(4.5\pi \cdot 10^3 t + \pi/3)$,
 - $f(t) = A_1 \sin(2.5 \cdot 10^6 t) + A_2 \cos(3 \cdot 10^6 t) + A_3 \sin(5 \cdot 10^6 t)$,
 - $f(t) = A_1 \sin(2\pi t) + A_2 \cos(10t)$,
 - $f(t) = A \sin(1.5 \cdot 10^3 t) + \cos(10^6 t)$.
- Udowodnić, że funkcja parzysta, parzysta w półokresie względem $T/4$ ma tylko parzyste harmoniczne. Narysować przebieg funkcji $f(t)$ w przedziale $-T/2 \leq t \leq T/2$ jeżeli w przedziale $0 \leq t \leq T/4$ ma postać jak na rys.2



Rys. 2.

3. Dany jest następujący wykładniczy szereg Fouriera

$$f(t) = (1-j)e^{-j2t} + (2+j)e^{-jt} - 2 + (1+j)e^{j2t} + (2-j)e^{jt}.$$

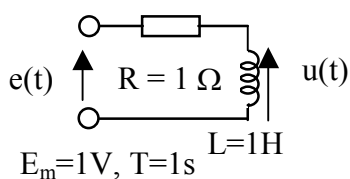
Wyznaczyć wartość skuteczną tego sygnału.

4. Podać sposób wyznaczania współczynników wykładniczego szeregu Fouriera, gdy znana jest transformata Laplace'a funkcji za jeden okres.

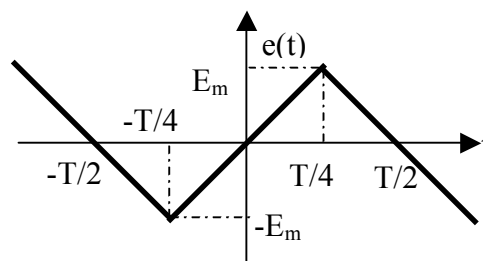
5. Wykazać, że jeżeli $f(t) = f(-t)$ to widmo tej funkcji jest rzeczywiste.

6. Wykazać, że jeżeli $f(t) = -f(-t)$ to widmo tej funkcji jest urojone.

7. Wyznaczyć zależności analityczne pozwalające znaleźć przebieg napięcia ustalonego na induktorze w układzie zastępczym pokazanym na rys. 3a pobudzany SEM $e(t)$ o przebiegu trójkątnym (rys. 3b).



Rys. 3a



Rys. 3b

8. Zapisać w postaci wykładniczego szeregu Fouriera następujący przebieg okresowy

$$f(t) = 4 \sin(4t) - 2 \cos(3t).$$

9. Jeżeli dwójnik równoległy RLC jest pobudzany napięciem $u(t) = 2 \cos(\omega_0 t) + 2 \cos(2\omega_0 t)$ V, $\omega_0 = 410^5$ rad/s, to płynie w nim prąd $i(t) = 8 \cos(\omega_0 t) + 10 \cos(2\omega_0 t + \varphi)$ mA. Obliczyć wartość elementów R , L , C dwójnika oraz wartość fazy początkowej φ .

10. Obliczyć wartości średnie i wartości skuteczne sygnałów okresowych pokazanych na rys. 1.

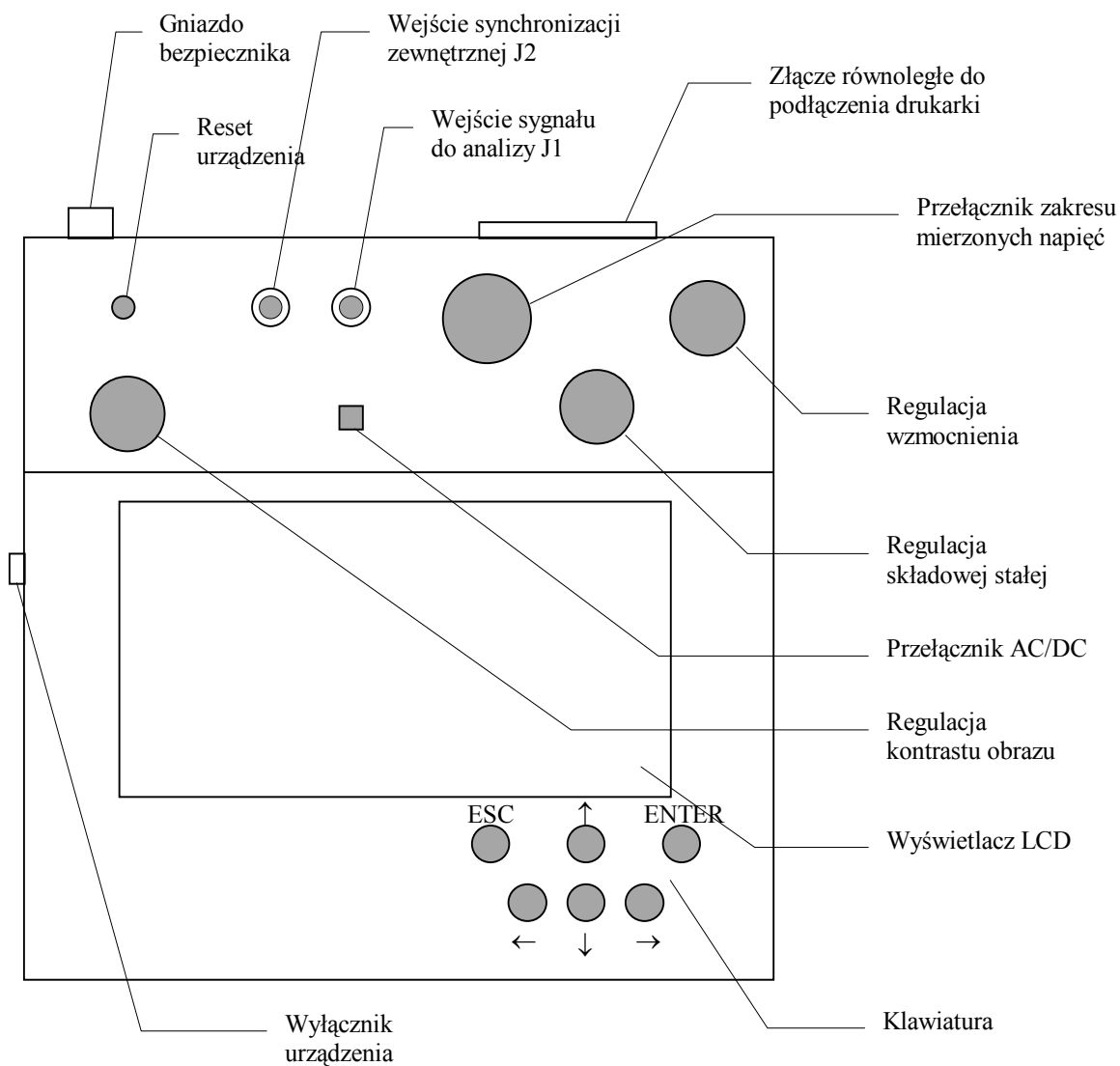
Literatura

- [1] Uruski M., Wolski W., Teoria obwodów, część II, skrypt PWr., Wrocław 1984.
- [2] Lathi B. P., Teoria sygnałów i układów telekomunikacyjnych, Warszawa 1971, roz. 3.
- [3] Osiowski J., Szbatin J., Podstawy teorii obwodów, Podręczniki akademickie, WNT 1995, tom II.

Dodatek

Instrukcja użytkowania analizatora widma sygnałów okresowych

Wygląd zewnętrzny analizatora



Funkcjonalnie oprogramowanie można podzielić na trzy części: OSCYLOSKOP, ANALIZA i ANALIZA DYNAMICZNA. W celu przejścia do wybranego programu należy skorzystać z menu. Wejście do głównego menu umożliwia przycisk ENTER. Podczas korzystania z menu poszczególne klawisze pełnią następujące funkcje:

- przyciski \uparrow i \downarrow umożliwiają poruszanie się po menu,
- przycisk ENTER powoduje zaakceptowanie danej opcji,
- przycisk ESC powoduje natychmiastowe opuszczenie menu,
- przycisk \leftarrow umożliwia powrót do poprzedniego menu w strukturze menu.

OSCYLOSKOP

OSCYLOSKOP, jak sama nazwa wskazuje, służy do obserwacji sygnału wejściowego w dziedzinie czasu.

Zadaniem użytkownika jest takie wyregulowanie wzmocnienia oraz składowej stałej, aby w maksymalnym stopniu wykorzystać rozdzielczość 10-bitowego przetwornika A/C.

Należy tak ustawić wzmocnienie (za pomocą pokrętki wzmocnienie oraz przełącznika zakresu wzmocnienia) i wartość składowej stałej (za pomocą pokrętki – składowa stała) aby obserwowany sygnał na oscyloskopie był możliwie duży (zajmował co najmniej 80 ÷ 90% wysokości ekranu oscyloskopu).

Możliwy jest też wybór rodzaju wyzwalania oraz poziomu wyzwalania. Kiedy OSCYLOSKOP zostanie właściwie zsynchronizowany, program oblicza częstotliwość sygnału oraz inne jego parametry takie jak np.: unormowana składowa stała i amplituda.

Program pobiera dokładnie 256 próbek w jednym okresie sygnału. Jeżeli częstotliwość sygnału jest zbyt duża aby pobrać wszystkie próbki w jednym okresie, program zamiast zmniejszać liczbę próbek w okresie odpowiednio zwiększy liczbę próbkowanych okresów. W ten sposób otrzymany ciąg próbek ma zawsze jednakową długość 256 i zawiera jeden lub całkowitą wielokrotność okresu analizowanego sygnału. Tak przygotowany sygnał (ciąg próbek) przekazywany jest do programu ANALIZA.

Opis interfejsu użytkownika.

Prawa strona ekranu przeznaczona jest na informacje o parametrach pomiaru i sygnału widocznego na oscyloskopie:

Częst.	00.00Hz	(częstotliwość sygnału)
Okres	00.00ms	(okres sygnału)
Fpr	00.00kHz	(częstotliwość próbkowania)
Tpr	00.00us	(okres próbkowania)
App	00.00	(wartość międzyszczytowa)
Stała	00.00	(wartość składowej stałej)
Okresy	00	(liczba spróbkowanych okresów)

Parametry *App* i *Stała* odniesione są do pola ekranu wyświetlacza, przy czym *App* = 0 ÷ 1, natomiast *Stała* = -1 ÷ 1. Wartość 1 parametru *App* oznacza maksymalne wystereowanie sygnału, czyli maksymalne wykorzystanie ekranu i co jest z tym związane również maksymalne wykorzystanie rozdzielczości przetwornika A/C. Ze względu na możliwość przesterowania sygnału najlepiej jest ustalać wzmocnienie tak, aby wartość *App* zawierała się w przedziale 0.8 ÷ 0.9.

W menu programu OSCYLOSKOP dostępne są następujące opcje:

ANALIZA OKRESU	(przejdźcie do programu ANALIZA)
ANALIZA DYNAM.	(przejdźcie do programu ANALIZA DYNAMICZNA)
Interp.obrazu	(przełącznik określający sposób tworzenia obrazu oscyloskopu: ----- ustawiony oznacza obraz ciągły zamiast próbek)
• Polaryzacja +	(wyzwalanie narastającym zboczem)
Polaryzacja -	(wyzwalanie opadającym zboczem)

- | | |
|------------------|---|
| bez wyzwala | (wyzwalanie wyłączone) |
| • wyzw.poziomem> | (wyzwalanie określonym poziomem) |
| automatyczne | (poziom wyzwala określany jest na podstawie rozkładu) |
| zewnętrzne | (wyzwalanie sygnałem zewnętrznym (gniazdo J2)) |

ANALIZA

ANALIZA jest programem realizującym podstawowe zadanie urządzenia jakim jest analiza widmowa sygnału.

Na podstawie algorytmu FFT przedstawia reprezentację sygnału w dziedzinie częstotliwości.

Próbki sygnału dostarczone przez program OSCYLOSKOP poddawane są analizie zgodnie z algorytmem FFT przystosowanym do sygnałów rzeczywistych. Unormowane wyniki analizy przedstawiane są w postaci wykresów słupkowych w skali liniowej lub decybelowej. Następujące wielkości mogą być prezentowane w postaci graficznej w dziedzinie częstotliwości:

- moduł (skala liniowa lub decybelowa),
- argument (skala stopniowa),
- część rzeczywista,
- część urojona.

Każdy słupek wykresu reprezentuje odpowiednią składową harmoniczną. Wszystkie informacje o parametrach danej harmonicznej można uzyskać przez wskazanie pozycji tej składowej na ekranie za pomocą kursora (klawisze ← i →). Do parametrów tych zalicza się:

- numer harmonicznej,
- częstotliwość harmonicznej,
- moduł (skala liniowa i decybelowa),
- argument,
- część rzeczywista,
- część urojona.

Program umożliwia też wydrukowanie wyników na podłączonej do analizatora drukarce. Wydruk w postaci graficznej można uzyskać jedynie na drukarkach kompatybilnych ze standardami EPSON lub HP DeskJet/LaserJet. Program został wyposażony w trzy sterowniki do drukarek:

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1) HP DeskJet/LaserJet | (150×150) DPI |
| 2) EPSON | (120×72) DPI |
| 3) EPSON9E | (144×144) DPI! |

Sterownik EPSON9E jest specyficznym sterownikiem wykorzystującym standard EPSON do wydruków o rozdzielczości 144×144 DPI na zwykłej drukarce 9-cio igłowej.

Opis interfejsu użytkownika.

Prawa strona ekranu przeznaczona jest na informacje o parametrach całego analizowanego sygnału jak i poszczególnych harmonicznym jego widma:

Amplituda	00.00	(amplituda definiowana jak dla dowolnego sygnału okresowego)
Stała	00.00	(składowa stała sygnału)
Skuteczna	00.00	(wartość skuteczna przebiegu)
Średnia	00.00	(wartość średnia arytmetyczna)
Ko	000.0 %	(współczynnik odkształcenia)
Kn	000.0 %	(współczynnik zniekształceń nieliniowych)
Kk	00.00	(współczynnik kształtu)
Ks	00.00	(współczynnik szczytu)
Num.harm.	00	(numer harmonicznym wskazywanej przez kursor)
Częst.	00.00kHz	(częstotliwość harmonicznym)
Cz.rzecz.	00.00	(część rzeczywista zespolonego współczynnika Fouriera)
Cz.uroj.	00.00	(część urojona zespolonego współczynnika Fouriera)
Moduł	00.00	(moduł harmonicznym)
Moduł [dB]	00.00	(moduł harmonicznym w skali decybelowej)
Faza [st.]	000.0	(argument harmonicznym w skali stopniowej)

Poszczególne parametry sygnału okresowego $f(t)$ o okresie T definiowane są w następujący sposób:

$$Amplituda = \max_{-T/2 \leq t \leq T/2} |f(t) - Stała|,$$

$$Stała = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt,$$

$$Skuteczna = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt} = \sqrt{\sum_{i=0}^{\infty} U_{i_{sk}}^2},$$

$$\dot{Srednia} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)| dt,$$

$$Ko = \frac{U_{1_{sk}}}{Skuteczna} 100\%,$$

$$Kn = \frac{U_{-1_{sk}}}{Skuteczna} 100\%,$$

$$Kk = \frac{Skuteczna}{\dot{Srednia}},$$

$$Ks = \frac{U_{max}}{Skuteczna},$$

gdzie

- $U_{i_{sk}}$ jest to wartość skuteczna i -tej harmonicznym,
- $U_{1_{sk}}$ jest to wartość skuteczna pierwszej harmonicznym,
- $U_{-1_{sk}}$ jest to wartość skuteczna przebiegu bez pierwszej harmonicznym,
- U_{max} jest to maksymalna bezwzględna wartość przebiegu.

Wszystkie parametry bezwzględne, zależne od wzmocnienia sygnału są dodatkowo unormowane względem pierwszej harmonicznej widma. Do wielkości tych zalicza się: moduły harmonicznych, części rzeczywiste i urojone transformaty Fouriera, amplitudę, składową stałą, średnią arytmetyczną oraz wartość skuteczną.

W menu programu ANALIZA dostępne są następujące opcje:

OSCYLOSKOP		(przejdźcie do programu OSCYLOSKOP)
ANALIZA DYNAM.		(przejdźcie do programu ANALIZA DYNAMICZNA)
√ Dyskretyzacja		(przełącznik podkreślający dyskretny charakter widma)
Wykres	>	(przejdźcie do menu wyboru informacji do wykreślenia)
Źródło	>	(przejdźcie do menu wyboru źródła sygnału do analizy)
Wydruk	>	(przejdźcie do menu konfiguracji wydruku)

W menu wyboru wykresu WYKRES dostępne są następujące opcje:

- Moduł
- Moduł [dB]
- Faza
- Część rzecz.
- Część urojona
- Moduł/Faza (wykreślane są dwa wykresy: modułu i fazy)
- Moduł [dB]/Faza
- Cz.rzecz/uroj.
- Przebieg/Moduł (przebieg oznacza sygnał wejściowy w dziedzinie czasu)
- Przeb./Mod[dB]

W menu wyboru źródła sygnału ŹRÓDŁO dostępne są następujące opcje:

- Zewnętrzne (analizie poddawany będzie sygnał z wejścia J1)
- Sinus
- Prostokąt 50%
- Prostokąt 12%
- Prostokąt 3%
- Delta Diraca

W menu konfiguracji wydruku WYDRUK dostępne są następujące opcje:

Drukarka	>	(przejdźcie do menu wyboru drukarki do wydruków grafiki)
Tabele	>	(przejdźcie do menu wydruków tekstowych)
Wykresy	>	(przejdźcie do menu wydruków graficznych)
Drukuj		(drukowanie wszystkich wyników zgodnie z ustawieniami)

W menu wyboru drukarki DRUKARKA dostępne są następujące opcje:

HP Desk/Laser	(sterownik do drukarek serii HP DeskJet/LaserJet)
Epson9	(sterownik do drukarek zgodnych z EPSON)
Epson9E	(pozwala na drukarkach 9-igłowych uzyskać 144×144 DPI)
Reset drukarki	

W menu wydruków tekstowych TABELLE dostępne są następujące opcje:

- √ Moduł
 - √ Moduł [dB]
 - √ Faza
 - Część rzecz.
 - Część urojona
-
- Liczba harm. > (przejdźcie do menu wyboru maksymalnej liczby drukowanych w tabelach harmonicznych)

W menu wydruków graficznych WYKRESY dostępne są następujące opcje:

- √ Przebieg (określa czy będzie drukowany wykres przebiegu w dziedzinie czasu)
- √ Moduł
- √ Moduł [dB]
- √ Faza
 - Część rzecz.
 - Część urojona

ANALIZA DYNAMICZNA

ANALIZA DYNAMICZNA stanowi odrębną, autonomiczną część całości oprogramowania i służy jedynie do pobieżnego obrazowania zmian widma w czasie dla dowolnego sygnału akustycznego. Maksymalna częstotliwość próbkowania wynosi w tym wypadku 100kHz.

Program pobiera ustaloną liczbę próbek (maksymalnie 256) po czym rozpoczyna na ich podstawie analizę widmową zgodnie z algorytmem FFT. Wyniki analizy przedstawiane są na wyświetlaczu w wybranej przez użytkownika postaci. Dopiero po zakończeniu analizy program przystępuje do pobrania następnej partii próbek. Tak więc nie wszystkie próbki sygnału poddawane są analizie. W zasadzie można jednak powiedzieć, że realizowana jest analiza widmowa w czasie rzeczywistym, gdyż nie chodzi tutaj o przetwarzanie sygnału w czasie rzeczywistym a jedynie o zobrazowanie na bieżąco zmian w widmie. Zmiany te mogą być na tyle szybkie, że nie jest konieczne pobieranie kolejno wszystkich próbek ze względu na ograniczony czas reakcji wyświetlacza oraz ograniczoną czułość oka ludzkiego. Dla przykładu, obraz w kineskopie telewizyjnym odświeżany jest z częstotliwością 50Hz, co dla człowieka jest praktycznie nie odczuwalne. Częstotliwość 50Hz można tu przyjąć jako graniczną dla czułości oka ludzkiego. Natomiast próbując sygnał z częstotliwością np. 100kHz i pobierając do jednorazowej analizy 256 próbek a jednocześnie chcąc wykorzystać wszystkie próbki sygnału do analizy, należałoby aktualizować wyniki z częstotliwością 400Hz! Widać więc, że postępowanie w ten sposób nie ma większego sensu i pierwszy sposób jest równie efektywny jeżeli tylko czas pobierania próbek i czas analizy FFT a także czas wyświetlania wyników nie przekroczą w sumie 1/50s.

Opracował Czesław Michalik na podstawie pracy dyplomowej Grzegorz Abramczyka.