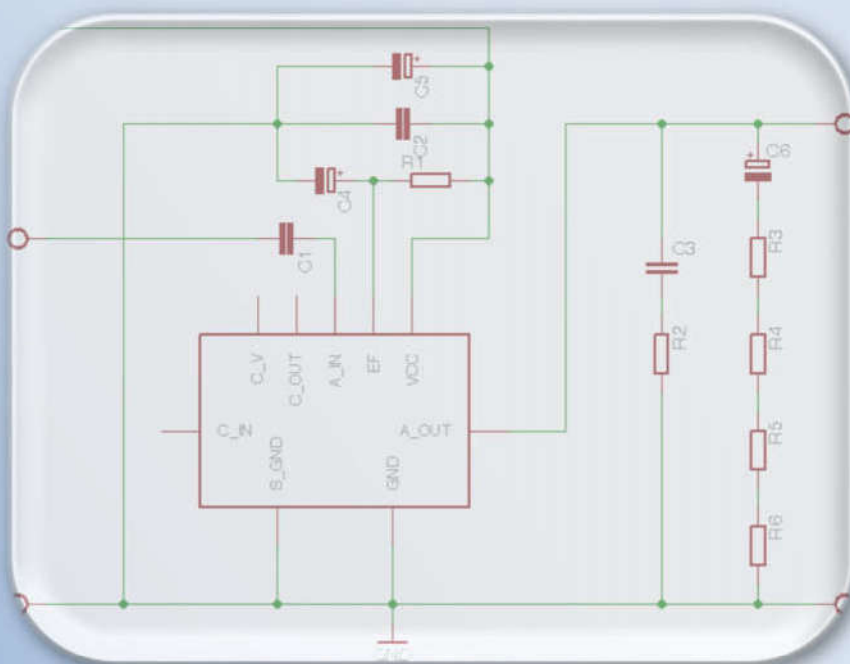


Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK

Pracownia Elektroniczna

ZESTAW 5

BADANIE UKŁADU AKUSTYCZNEGO WZMACNIACZA MOCY



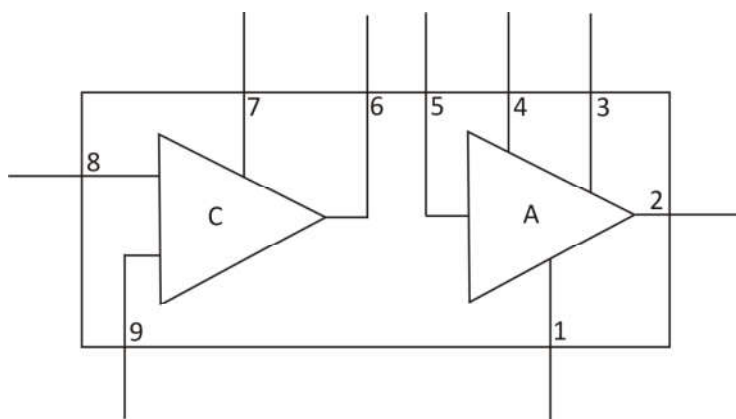
I. WSTĘP TEORETYCZNY

Występujące w urządzeniach elektronicznych układy wzmacniaczy są najczęściej wykorzystywane jako wzmacniacze napięcia. Moc wzmocnionego sygnału nie jest tu wielkością krytyczną. Inaczej jest w przypadku, gdy wzmacniacz steruje urządzeniem pobierającym znaczną moc elektryczną. Ma to miejsce na przykład przy sterowaniu oświetleniem, elementami grzewczymi czy też głośnikami. Dostarczenie do obciążenia określonej mocy wymaga oprócz napięcia odpowiednio dużego prądu. Wzmacniacze mocy buduje się z wykorzystaniem tranzystorów mocy, które mogą przewodzić znaczny prąd i wytrzymywać znaczne starty energii elektrycznej wydzielające się w postaci ciepła. Systemy takie muszą być więc wyposażone w odpowiednie systemy chłodzenia pasywnego (radiatory), lub aktywnego (wentylatory, chłodzenie wodne), gdyż przekroczenie temperatury krytycznej może powodować ich uszkodzenie. Jednym z parametrów jakim powinien charakteryzować się wzmacniacz mocy jest wysoka sprawność energetyczna.

1. OPIS UKŁADU

W badanym wzmacniaczu mocy zastosowano układ scalony TDA 1013B.

Układ ten, przedstawiony w postaci blokowej na rysunku 1 jest monofonicznym wzmacniaczem audio, zawierającym dwa rozdzielone moduły: przedwzmacniacz oraz właściwy wzmacniacz mocy.



C - control unit - przedwzmacniacz,
 A - amplifier - wzmacniacz mocy.
 Wyprowadzenia układu:
 1 - GND - power ground - masa zasilania,
 2 - A_OUT - amplifier output - wyjście wzmacniacza mocy,
 3 - VCC - supply voltage - napięcie zasilania,
 4 - EF - electronic filter - filtr
 5 - A_IN - amplifier input - wejście wzmacniacza mocy,
 6 - C_OUT - control unit output - wyjście przedwzmacniacza,
 7 - C_V - control voltage - napięcie sterujące przedwzmacniaczem (regulacja wzmocnienia),
 8 - C_IN - control unit input - wejście przedwzmacniacza,
 9 - S_GND - signal ground - masa sygnałowa

Rys 1. Schemat blokowy oraz opis wyprowadzeń układu scalonego TDA 1013B.

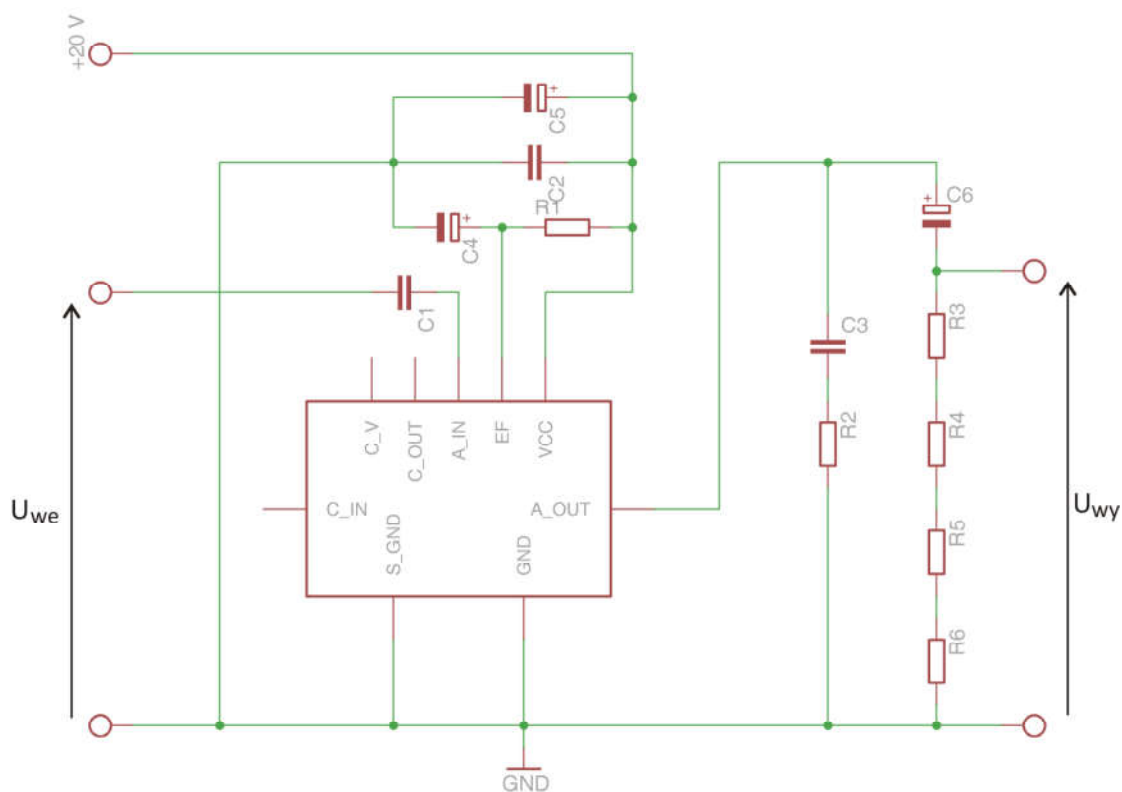
Układ przedwzmacniacza posiada charakterystykę logarytmiczną i poprzez zmianę przykładanego na wejście sterujące (C_V) napięcia stałego, umożliwia wzmocnianie sygnału wejściowego w zakresie 80 dB. W typowych zastosowaniach układu TDA 1013B (odbiorniki TV, odtwarzacze audio) moduł przedwzmacniacza umożliwia płynną regulację siły głosu.

Moduł właściwego wzmacniacza mocy zawiera charakterystyczne dla wzmacniaczy wykorzystujących tranzystory w klasie B, obwody układu symetryzującego sterującego, sygnałami o przeciwnych fazach, tranzystorami stopnia mocy T_1 i T_2 .

Układ jest tak zbudowany, że tranzystory mocy T_1 oraz T_2 przewodzą naprzemiennie, gdy jeden przewodzi to drugi jest zatkany i na odwrót.

Jeżeli sygnał sterujący z układu symetryzującego jest w fazie odpowiadającej przewodzeniu tranzystora mocy T_1 , to w obwodzie wyjściowym wzmacniacza płynie prąd od dodatniego bieguna zasilania poprzez kondensator sprzęgający (C_6 na rys. 2.) i obciążenie (rezystory R_3, R_4, R_5, R_6 na rys. 2.) do masy (ujemny biegun zasilania). W układach audio obciążenie stanowi uzwojenie elektromagnesu głośnika. Przepływ prądu w tym kierunku powoduje ładowanie kondensatora sprzęgającego i wzrost energii w nim zmagazynowanej. W przeciwnej fazie sygnału sterującego, gdy przewodzi tranzystor mocy T_2 , prąd w obwodzie wyjściowym wzmacniacza płynie w przeciwnym kierunku. Powoduje to rozładowywanie kondensatora sprzęgającego, oraz spadek energii w nim zmagazynowanej. Tranzystory mocy T_1 oraz T_2 pracują naprzemiennie tak, że sygnał wyjściowy ze wzmacniacza mocy jest złożeniem dwóch połówek sygnału, generowanych przez oba tranzystory.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat badanego wzmacniacza mocy z układem scalonym TDA 1013B.



Rys 2. Wzmacniacz mocy z układem scalonym TDA 1013B.

Z układu TDA 1013B wykorzystywany jest tylko właściwy wzmacniacz mocy. Sygnał wejściowy z generatora poprzez kondensator separujący C_1 jest doprowadzony wejścia A_IN układu.

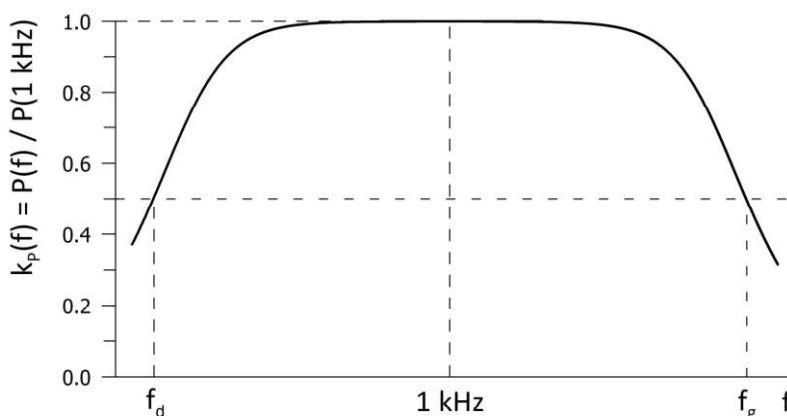
W obwodzie zasilania układu TDA 1013B zastosowano kondensatory filtrujące napięcie C_2 oraz C_5 , oraz obwód RC (R_1, C_4) zapewniający łagodne włączenie układu (w układach audio zabezpieczenie głośnika przed początkowym impulsem prądowym). Jako badane obciążenie, zamiast uzwojenia

głośnika, zastosowano połączone szeregowo cztery precyzyjne oporniki mocy ($R_3 - R_6$) zasilane poprzez kondensator sprzęgający C_6 .

2. PARAMETRY WZMACNIACZA MOCY.

1) Pasmo przenoszenia

Dla wzmacniaczy akustycznych pasmo przenoszenia wzmacniacza określane jest przez podanie częstotliwości dolnej - f_d i górnej f_g , przy których moc wyjściowa spada do połowy mocy, jaką uzyskuje się dla częstotliwości $f = 1$ kHz. Na rysunku 3 przedstawiono przykładową charakterystykę wzmacniacza mocy.



Rys 3. Charakterystyka częstotliwościowa mocy wzmacniacza.

2) Zniekształcenia nieliniowe sygnału

Nieliniowość charakterystyk tranzystorów mocy, może powodować pojawienie się w widmie sygnału wyjściowego, składowych o wyższych częstotliwościach harmonicznym, prowadzących do zniekształceń sygnału wyjściowego. Amplituda sygnału wyjściowego, nie jest wtedy proporcjonalna do amplitudy sygnału wejściowego.

Miarą zniekształceń nieliniowych jest współczynnik zniekształceń harmonicznym - h , zdefiniowany w następujący sposób

$$h = \frac{1}{U_0} \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}$$

gdzie:

U_0 - napięcie skuteczne zniekształconego sygnału

$U_2, U_3, \dots, U_n$ - napięcia skuteczne składowych o częstotliwościach harmonicznym $2f, 3f, \dots, nf$;

3) Moc maksymalna wzmacniacza

Moc maksymalna wzmacniacza jest to moc dostarczana do obciążenia, przy której współczynnik zniekształceń harmonicznym nie przekracza przyjętego progu, na przykład 10 % (lub dla wzmacniaczy wyższej klasy 2 %).

4) Sprawność energetyczna wzmacniacza

Sprawność energetyczna wzmacniacza jest zdefiniowana równaniem:

$$\eta = \frac{P_{wy \max}}{P_{zas}}$$

$P_{wy \max}$ - maksymalna moc wyjściowa wzmacniacza,

P_{zas} - moc zasilania wzmacniacza

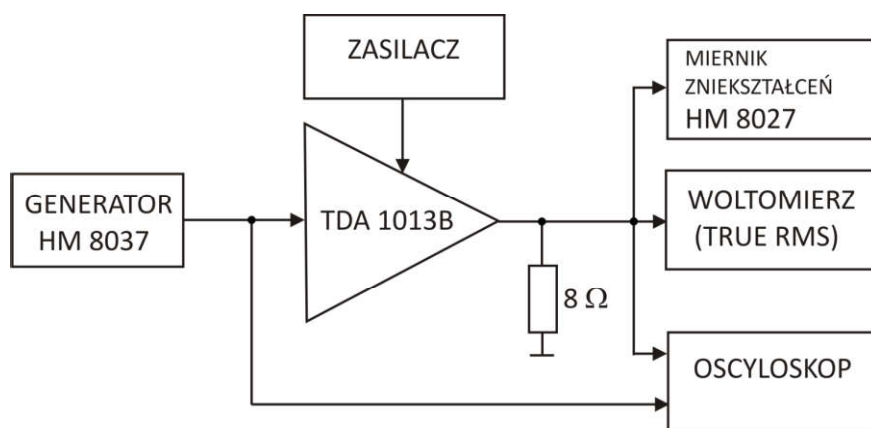
Z rozważań teoretycznych wynika, że sprawność wzmacniacza klasy B nie może przekroczyć 78 %, a wzmacniacza klasy A - 50 %.

5) Czułość wzmacniacza

Czułość wzmacniacza jest określana jako skuteczna wartość napięcia wejściowego, przy której uzyskuje się na wyjściu wzmacniacza sygnał o mocy znamionowej, definiowanej jako największa wartość mocy wyjściowej, wydzielanej na oporności obciążenia, przy nie zniekształconym sygnale wyjściowym.

3. OPIS BADANEGO UKŁADU.

Na rysunku 4 przedstawiono schemat blokowy układu pomiarowego.



Rys 4. Schemat blokowy układu pomiarowego

Sygnał z precyzyjnego generatora HM8037 jest doprowadzony do wejścia wzmacniacza. Do wyjścia wzmacniacza dołączona jest oporność obciążenia równa $R_{obc} = 8 \Omega$. Wyznaczenie mocy wyjściowej wzmacniacza P_{wy} , jest dokonywane poprzez pomiar U_{sk} - napięcia skutecznego sygnału wyjściowego, zgodnie z zależnością:

$$P_{wy} = \frac{U_{sk}^2}{R_{obc}} \quad (R1)$$

Napięcie to mierzone jest miernikiem cyfrowym, umożliwiającym pomiar wartości skutecznej napięcia (True RMS), w zakresie częstotliwości do 100 KHz.

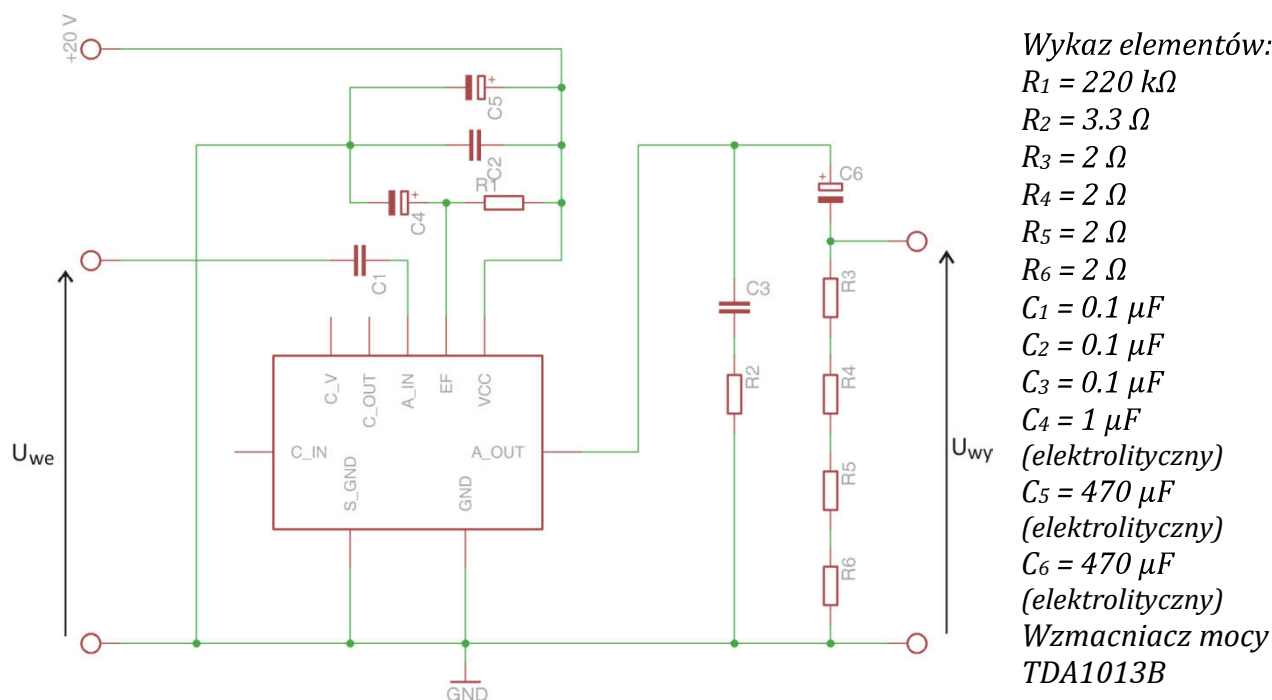
W Tabeli 1 przedstawiono wartości napięć skutecznych odpowiadające typowym wartościom mocy wyjściowej, dla obciążenia 8Ω .

Tabela 1

Wartości napięć skutecznych - U_{sk} , odpowiadające typowym wartościom mocy wyjściowej - P_{wy} , dla obciążenia - $R_{obc} = 8 \Omega$.

P_{wy} [W]	0	0.1	0.2	0.5	1	2	3	4	5
U_{sk} [V]	0.00	0.89	1.26	2.00	2.83	4.00	4.90	5.66	6.32

II. POMIARY I ICH OPRACOWANIE



1. POMIARY CHARAKTERYSTYKI CZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ MOCY WZMACNIACZA.

- 1) Do wejścia wzmacniacza doprowadzić z generatora HM 8037 sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz i napięciu skutecznym takim (patrz Tabela 1), aby na obciążeniu 8Ω , wydzielala się moc 1 W . Do wejść oscyloskopu doprowadzić sygnał wejściowy i sygnał z wyjścia wzmacniacza mocy.
- 2) Zarejestrować (dokonać zrzutu z oscyloskopu) sygnał wejściowy i wyjściowy wzmacniacza mocy, zwracając uwagę na zależności fazowe między sygnałami.
- 3) Następnie zmierzyć wartości napięć skutecznych sygnału wyjściowego w funkcji częstotliwości, w zakresie od 20 Hz do 50 kHz. Wyniki przedstawić w Tabeli 2.
- 4) Korzystając ze specyfikacji miernika cyfrowego, dla zmierzonych wartości napięcia skutecznego sygnału wyjściowego - U_{sk} oszacować ich błędy ΔU_{sk} i przedstawić je w tabeli 2.

Tabela 2

Zależność napięcia skutecznego sygnału wyjściowego - U_{sk} oraz mocy wyjściowej wzmacniacza - P_{wy} , od częstotliwości sygnału wejściowego - f .

f [kHz]	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50
U_{sk} [V]											
ΔU_{sk} [V]											
P_{wy} [W]											
ΔP_{wy} [W]											

- 5) Uzupełnić Tabelę 2, wartościami mocy wyjściowej P_{wy} , obliczonej z równania (R1) oraz jej błędów ΔP_{wy} i sporządzić wykres charakterystyki częstotliwościowej mocy wzmacniacza mocy (jak na Rysunku 3).
- 6) Z wykresu wyznaczyć metodą graficzną oraz oszacować błędy częstotliwości granicznych charakterystyki wzmacniacza: dolnej - f_d oraz górnej - f_g .
- 7) Wyznaczyć pasmo przenoszenia wzmacniacza: $B = f_g - f_d$.

2. POMIARY ZNIEKSZTAŁCEŃ NIELINIOWYCH.

- 1) Dla częstotliwości sygnału wejściowego 200 Hz, 2 kHz oraz 20 kHz, korzystając z miernika zniekształceń HM 8027, zmierzyć współczynnik zniekształceń harmonicznych - h , w funkcji mocy wyjściowej wzmacniacza - P_{wy} .
- 2) Wyniki przedstawić w Tabeli 3

Tabela 3

Zależność zniekształceń harmonicznych - h , od mocy wyjściowej sygnału - P_{wy} , dla wybranych częstotliwości sygnału wejściowego - f .

P_{wy} [W]		0.1	0.2	0.5	1	2	3	4	5
U_{sk} [V]									
f [kHz]	0.2								
	2								
	20								

3. WYZNACZENIE MOCY MAKSYMALNEJ WZMACNIACZA.

- 1) Dla sygnału wejściowego o częstotliwości $f = 1$ kHz, zmieniając amplitudę sygnału z generatora HM 8037, zmierzyć wartość napięcia skutecznego sygnału wyjściowego - $U_{sk \max}$, dla którego współczynnik zniekształceń harmonicznych osiąga wartość 10 %
- 2) Zarejestrować (dokonać zrzutów z oscyloskopu) sygnał wejściowy i wyjściowy wzmacniacza mocy, zwracając uwagę na zależności fazowe między sygnałami.
- 3) Korzystając z równania (R1) wyznaczyć wartość i oszacować błąd mocy maksymalnej sygnału wyjściowego - $P_{wy \max}$.

4. WYZNACZENIE SPRAWNOŚCI ENERGETYCZNEJ WZMACNIACZA.

- 1) Dla powyższego sygnału wejściowego, odczytać z zasilacza stabilizowanego, wartość prądu zasilającego wzmacniacz mocy - I_{zas} .

- 2) Wyznaczyć sprawność energetyczna wzmacniacza korzystając z równania:

$$\eta = \frac{P_{wy\ max}}{P_{zas}}$$

gdzie:

$P_{wy\ max}$ - wyznaczona maksymalna moc wyjściowa wzmacniacza,

$P_{zas} = I_{zas} U_{zas}$ - moc zasilania wzmacniacza, gdzie napięcie zasilania wzmacniacza - $U_{zas} = 20\ V$,
oraz oszacować jej błąd.

5. WYZNACZENIE CZUŁOŚCI WZMACNIACZA.

- 1) Dla zarejestrowanego (dokonać zrzutów z oscyloskopu) w punkcie 3. sygnału wejściowego wzmacniacza mocy, zmierzyć wartość napięcia wejściowego U_{we} (napięcie międzyszczytowe), oraz obliczyć wartość skuteczną tego napięcia, będącą czułością badanego wzmacniacza mocy.
- 2) Oszacować błędy obu napięć.

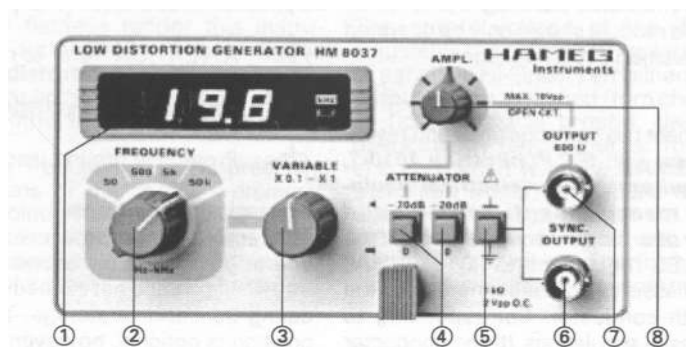
LITERATURA

1. P. Horowitz, W. Hill "Sztuka elektroniki" Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2006
2. U. Tietze, C. Schenk " Układy półprzewodnikowe" Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2009
3. R. Śledziwski "Elektronika dla fizyków" Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1984
4. T. Stacewicz, A. Kotlicki "Elektronika w laboratorium naukowym" Państwowe Wydawnictwo Naukowe 1994
5. T. Szczurek "Ćwiczenia Pracowni Elektronicznej II" Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 1994
6. Nota aplikacyjna układu: Audio power amplifier TDA1013B
7. A. Bielski, R. Ciuryło "Podstawy metod opracowania pomiarów" Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika 2001

ZAŁĄCZNIK 1 – OPIS URZĄDZEŃ POMIAROWYCH

GENERATOR HM 8037

Opis elementów na płycie czołowej:



1. DISPLAY - trzycyfrowy wyświetlacz miernika częstotliwości, pokazujący aktualną częstotliwość generatora.
2. FREQUENCY - przełącznik umożliwiający wybór jednego z czterech zakresów częstotliwości - 50 Hz, 500 Hz, 5 kHz, 50 kHz.
3. VARIABLE - płynna regulacja częstotliwości w przedziale od x 0.1 do x 1 wybranego przełącznikiem (2) zakresu.
4. -20 dB ATTENUATORS - dwa niezależne 20 dB tłumiki sygnału wyjściowego generatora.
5. GROUND - w pozycji wciśniętej masa sygnałowa i obudowa generatora nie są ze sobą połączone, w pozycji wyciągniętej masa sygnałowa jest połączona z obudową generatora.
6. SYNCHRONIZING OUTPUT - wyjście synchronizujące, dostarczające sygnał o stałej amplitudzie i takiej samej częstotliwości i fazie jak sygnał wyjściowy generatora.
7. 600 Ω OUTPUT - wyjście generatora.

MIERNIK ZNIEKSZTAŁCEŃ HM 8027

Zasada działania

Miernik zniekształceń umożliwia pomiar zawartości składowych harmonicznnych w badanym sygnale. Miarą zniekształceń nieliniowych jest współczynnik zniekształceń harmonicznnych - h , zdefiniowany w następujący sposób

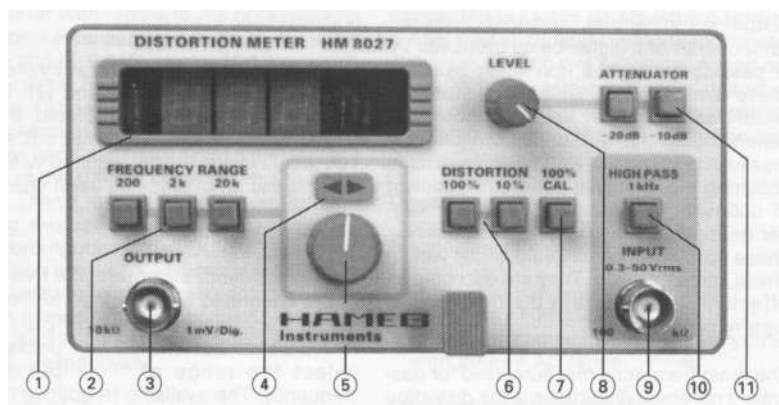
$$h = \frac{1}{U_0} \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}$$

gdzie:

U_0 - napięcie skuteczne zniekształconego sygnału

$U_2, U_3, \dots, U_n$ - napięcia skuteczne składowych o częstotliwościach harmonicznnych $2f, 3f, \dots, nf$;

Opis elementów na płycie czołowej:



1. DIGITAL DISPLAY - trzycyfrowy wyświetlacz pokazujący wyrażoną w procentach aktualną wartość współczynnika zniekształceń harmoniczych - h .
2. FREQUENCY RANGE- przełączniki umożliwiające wybór jednego z trzech zakresów częstotliwości badanego sygnału 20 Hz - 200 Hz, 200 Hz - 2 kHz, 2 kHz - 20 kHz.
3. OUTPUT - napięcie wyjściowe proporcjonalne do wartości h .
4. TUNING INDICATOR - wskaźnik dostrojenia miernika do częstotliwości badanego sygnału. Jeżeli miernik nie jest dostrojony do częstotliwości badanego sygnału jedna z diód pokazuje kierunek odstrojenia. Pokrętkiem strojenia (5) należy kręcić w kierunku przeciwnym niż wskazuje świecąca dioda, aż do chwili gdy zgaśnie.
5. TUNING - pokrętko strojenia
6. DISTORSION - wybór zakresu wartości h - 10% lub 100%.
7. 100% CALIBRATION - kalibracja poziomu 100 %
8. LEVEL - płynna regulacja tłumienia sygnału wejściowego w celu uzyskania odczytu 100 % podczas procedury kalibracji.
9. INPUT - wejście sygnału mierzonego
10. 1 kHz HIGH-PASS filtr górnoprzepustowy.
11. ATTENUATOR - dwa niezależne tłumiki sygnału wejściowego.

PROCEDURA POMIARU WSPÓŁCZYNNIKA ZNIEKSZTAŁCEŃ HARMONICZNYCH - h

1) kalibracja poziomu 100%

Badany sygnał doprowadzić do wejścia (9). Wcisnąć przycisk (7). Przy pomocy tłumików (11) i pokrętła płynnej regulacji (8) ustawić odczyt 100 %.

UWAGA - Procedura kalibracji musi być powtórzona przy każdej zmianie amplitudy sygnału wejściowego podawanego do wejścia (9).

2) dostrojenie miernika do częstotliwości badanego sygnału

Przy pomocy przycisków (2) wybrać zakres odpowiadający częstotliwości badanego sygnału. Dostępne są trzy zakresy częstotliwości 20 Hz - 200 Hz, 200 Hz - 2 kHz, 2 kHz - 20 kHz. Płynna regulacja dostrojenia dokonywana jest pokrętkiem (5). Jeżeli miernik nie jest dostrojony do częstotliwości badanego sygnału jedna z diód (4) pokazuje kierunek odstrojenia. Pokrętkiem strojenia (5) należy kręcić w kierunku przeciwnym niż wskazuje świecąca dioda, aż do chwili gdy zgaśnie.

3) wybór zakresu pomiarowego współczynnika h

Wybór zakresu pomiarowego 100 % lub 10 % dokonujemy przyciskami (6). W przypadku gdy nie znamy wartości współczynnika h , najpierw wybieramy zakres 100 % dający rozdzielczość 0.1 %. W przypadku gdy dokładność pomiaru jest niewystarczająca wybieramy zakres 10 % dający rozdzielczość 0.01 %.