Projektowanie elektronicznych układów sterowania

Maciej Markowski 239409

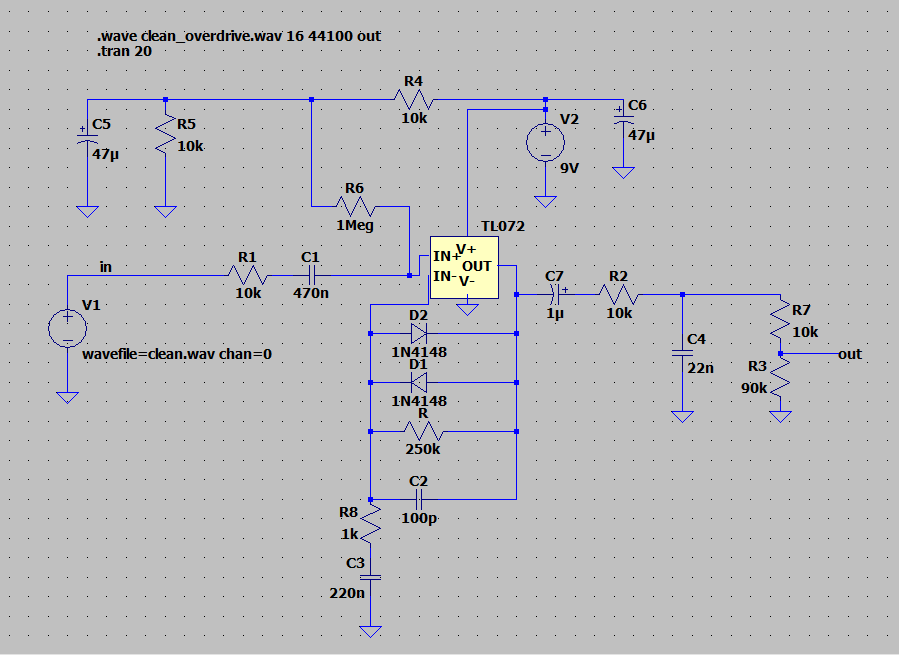
Dr Inż. Rafał Nowak

AISR WEEIA zimowy 2021/22

Projektowanie analogowych efektów gitarowych

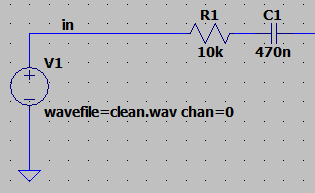
Spis treści?

1. Rekreacja i analiza dostępnych na rynku efektów i stosowanych w nich rozwiązań
2. Prosty efekt typu overdrive/przester
3. Schemat układu i opis działania
4. Analiza wpływu na sygnał sinusoidalny oraz rzeczywisty audio
5. Wpływ modyfikacji parametrów
6. Efekt
7. Rekreacja i analiza dostępnych na rynku efektów
8. Prosty efekt typu overdrive/przester
9. Schemat układu i opis działania



Schemat zrealizowany w programie symulacyjnym LTSpice

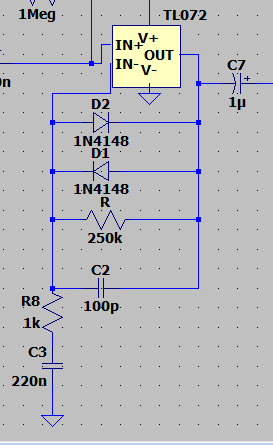
Schemat można podzielić na kilka często spotykanych w efektach gitarowych części, z czego tylko jedna jest charakterystyczna dla efektów typu overdrive.

Część wejściowa sygnału z szeregowo włączonym kondensatorem blokującym sygnału o stałej wartości, które mogłyby dostać się do układu poprzez wtyczkę rzeczywistego układu. Wejściem układu w przypadku symulacji może być generator fali lub plik audio typu .wav.

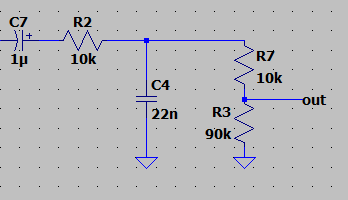
Obraz zawierający tekst, różny

Opis wygenerowany automatycznie

Część zasilająca, w rzeczywistym układzie źródłem 9V jest gniazdo DC i/lub bateria, wspierane równoległymi kondensatorami podtrzymują napięcie w razie nieidealnej pracy źródła. Poza zasilaniem wzmacniacza, podnosi poprzez rezystor 1M napięcie na jego wejściu nieodwracające o 4.5V, tak, by wchodzący sygnał audio, oscylujący wokół 0V, nie był ucinany przez zasilanie wzmacniacza operacyjnego zasilanego w zakresie od 0 do 9V.

Głównymi elementami decydującymi o wpływie działania wzmacniacza na sygnał są równolegle przeciwsobnie ułożone ucinające diody prostownicze. Kiedy różnica między wyjściem wzmacniacza a sygnałem wyniesie więcej niż napięcie przewodzenia diod, ucinają one sygnał wzmacniany przez wzmacniacz operacyjny ( o wzmocnieniu ok. 1+ 250K/1K) do swoich napięć przewodzenia (dla diod 1N4148 jest to np. ok 1V), co zmienia charakter sygnału, tzn. dodając harmoniczne tworzy typowe brzmienie efektów typu overdrive.

W obwodzie sprzężenia zwrotnego występują również filtry, także mające wpływ na sygnał dźwiękowy. Rezystor R8 oraz kondensator C3 tworzą filtr górnoprzepustowy (wraz ze wzrostem częstotliwości impedancja C3 maleje) o częstotliwości odcięcia ok. 723 Hz natomiast kondensator C2 z rezystorem R tworzą filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości odcięcia ok. 6,3 kHz, co łącznie tworzy filtr bandpass. Wartości częstotliwości odcięcia w tym przykładzie mogą wydawać się bardzo ograniczające, w ten sposób tworzą jednak unikalne brzmienie efektu. Wartości kondensatorów oraz dobór diod i wzmacniacza jest tym co najczęściej różni efekty typu overdrive.

Ostatnim elementem jest typowe dla efektów gitarowych wyjście składające się z filtra dolnoprzepustowego złożonego z rezystora R2 i kondensatora C4 (o w tym wypadku częstotliwości odcięcia ok. 723 Hz), rezystorów R3 i R7 decydujących o wyjściowym poziomie sygnału i podobnego do wejściowego kondensatora C7 zabezpieczającego rzeczywisty układ.

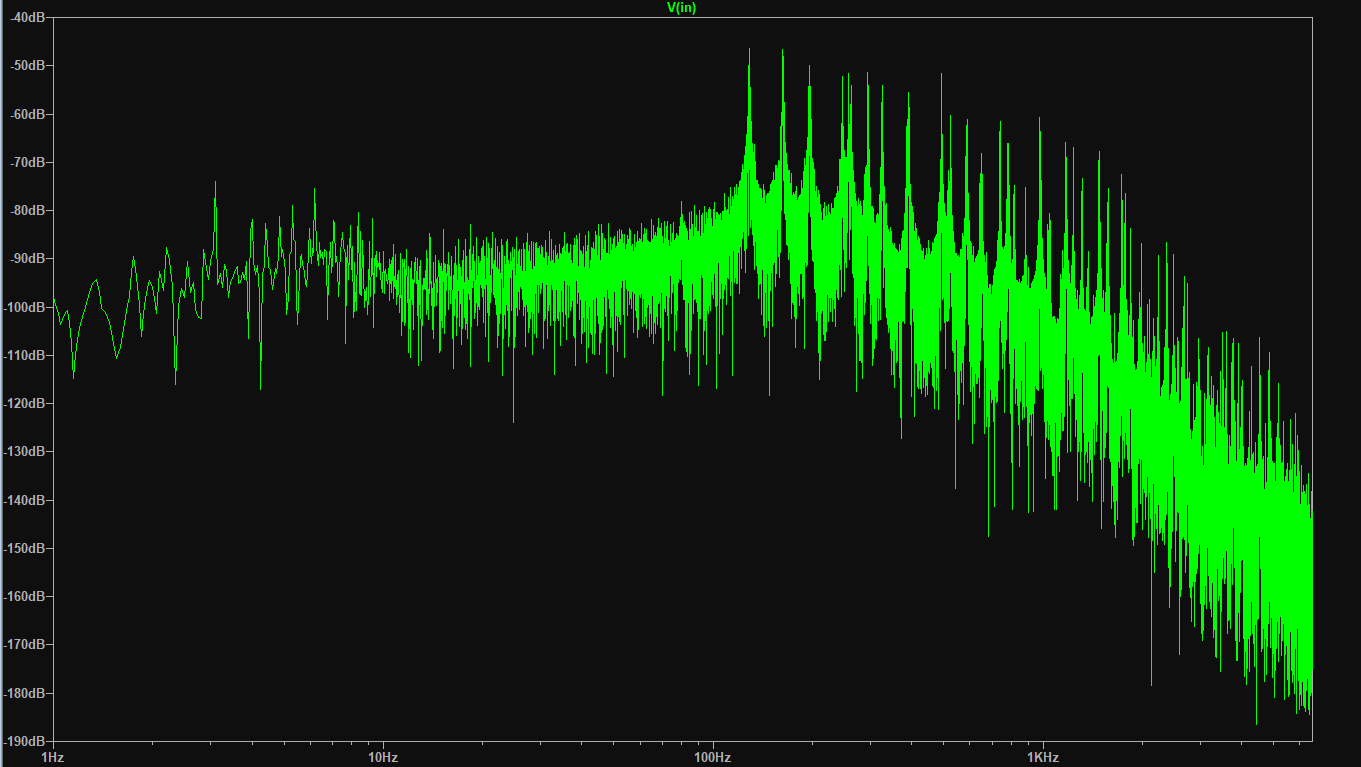
Przy stworzonej konfiguracji wyjściowy filtr przepuszcza dźwięki o dość niskiej częstotliwości, jest to jednak jedynie dobór na potrzeby symulacji. W rzeczywistym układzie w miejscu rezystora R2, pary R3 i R7 oraz rezystora R umieszczone zostałyby potencjometry by umożliwić użytkownikowi kontrolę brzmienia, jednakże w środowisku LTSpice potencjometry ani innej formy rezystory o zmiennej rezystancji nie istnieją.

Porównanie wyjścia układu oraz wejścia dla rzeczywistego sygnału audio

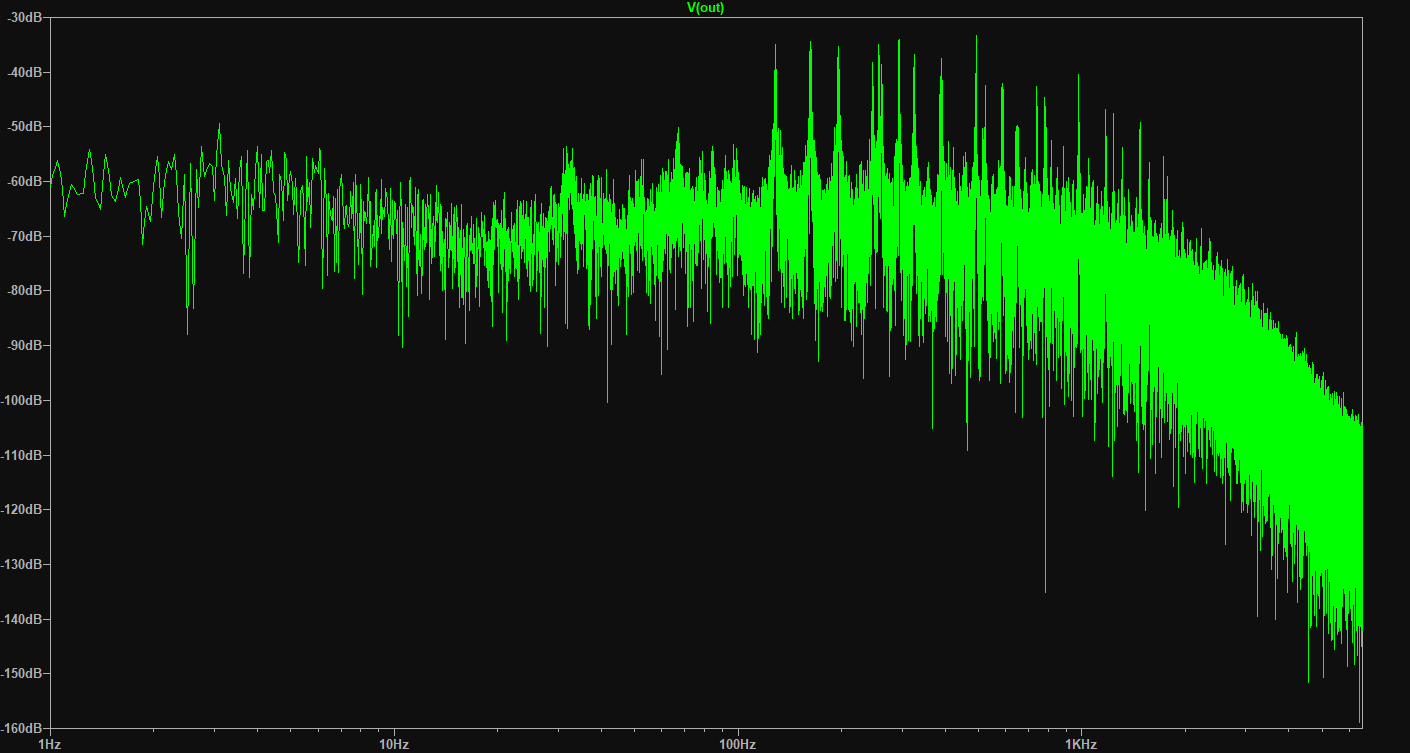


Poza oczywistym ogólnym wzmocnieniem sygnału, warto zwrócić uwagę na występujące wyraźne ucinanie go, nie będące jednak ucięciem płaskim zarówno ze względu jak na charakter sygnału oryginalnego jak i wpływ kondensatorów występujących w sprzężeniu zwrotnym oraz filtru poza nim.

Analiza FFT wejściowego sygnału:



Sygnału wyjściowego:



W przypadku symulacji uzyskanych w LTSpice dla sygnałów audio nie należy zwracać uwagi na fakt, że wszystkie wartości na osi Y są ujemne, wynika to głównie z faktu, iż aby móc przyjmować sygnału audio, muszą być one w formacie .wav , który z kolei operuje jedynie na sygnałach z zakresu +/- 1V. Oś X prezentuję skalę logarytmiczną od 1Hz do 6.5kHz.

Widoczny jest wpływ wyjściowego filtru dolnoprzepustowego oraz wyraźne wzmocnienie harmonicznych poniżej jego częstotliwości odcięcia, w szczególności w zakresie częstotliwości od ok. 70Hz, co jest zbliżone do częstotliwości najniższej możliwej do zagrania na gitarze nuty E o częstotliwości 82.4Hz w standardowym nastrojeniu. Mniej wyraźniej odstępujące są również harmoniczne dominujące, co ponownie pokazuje zwiększenie ich ilości poprzez diody ucinające.

Analiza wpływu na sygnał wejściowy będący sinusoidą o częstotliwości 1kHz i amplitudzie 0.25hVz

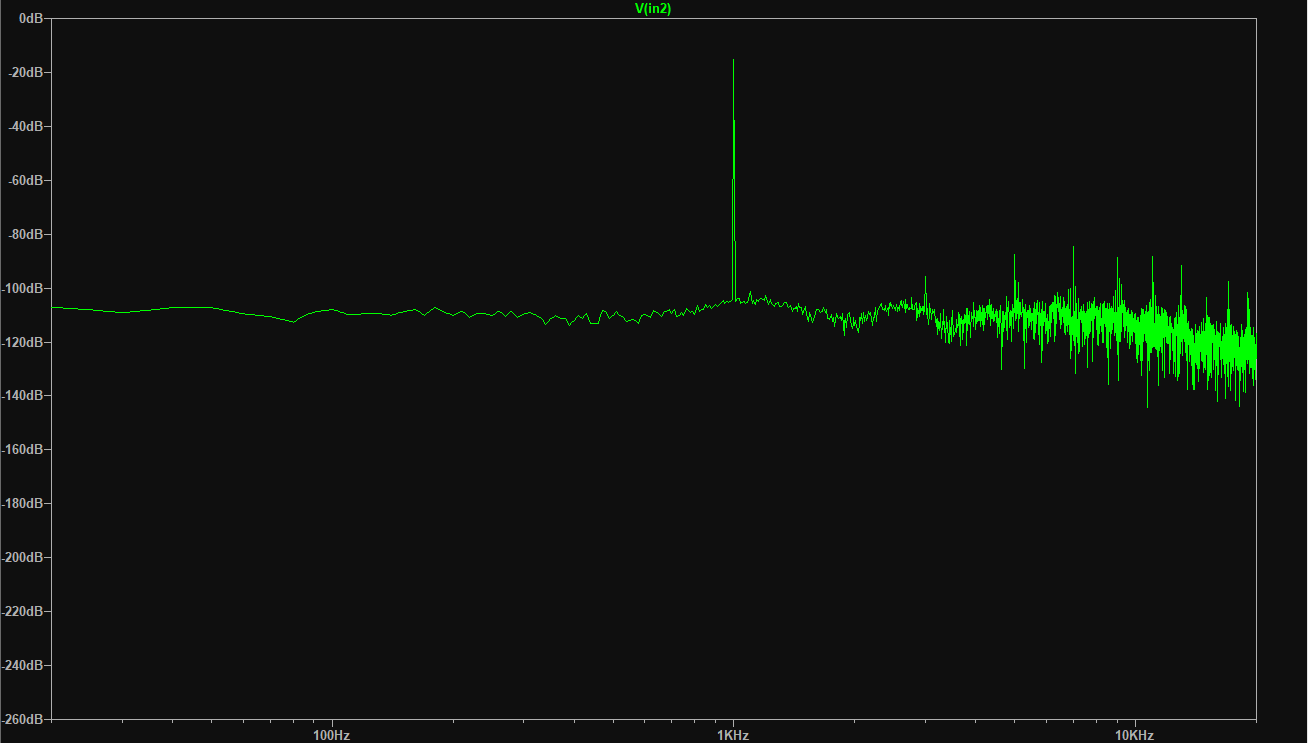
Obraz zawierający tekst, zewnętrzne

Opis wygenerowany automatycznie

Na obrazku poza sygnałami wyjściowymi i wejściowymi załączony został również sygnał czerwony V(n006) tuż po etapie ucinania przez diody. Odkształcenie sygnału jest widoczne, przy czym ucinacie ponownie nie jest płaskie ze względu na strukturę układu. Zauważalne jest również przesunięcie fazowe sygnału wynikające z występujących w układzie elementów o charakterze pojemnościowym oraz wpływ wyjściowego filtru osłabiającego sygnał o zadanej częstotliwości powyżej f odcięcia.

Dla tego sygnału analiza częstotliwościowa wykonana została w zakresie od 20 do 20kHz, co w przybliżeniu odpowiada zakresowi słyszalnemu przez człowieka. Zakres dla sygnału rzeczywistego był inny ze względu na autodobór LTSpice do wzmocnienia -110dB.

Analiza harmoniczna sygnału wejściowego



Występuje oczywiście tylko jedna harmoniczna dominująca 1kHz oraz … symulowane zakłócenia?

Analiza harmoniczna sygnału wyjściowego:

Obraz zawierający tekst, sprzęt elektroniczny

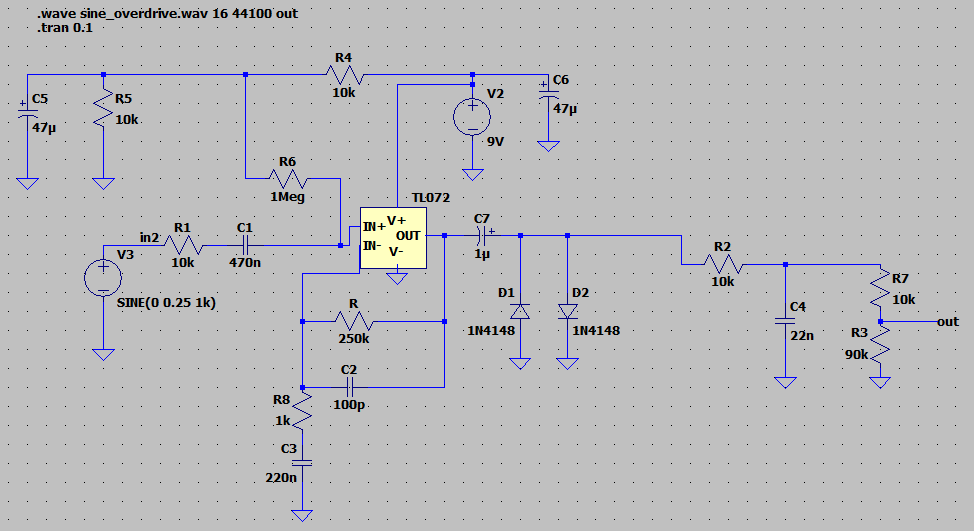
Opis wygenerowany automatycznie

Poza główną harmoniczną 1kHz pojawiły się liczne wyższe, co ma wyraźny wpływ na sygnał i jego brzmienie. Ponownie widać osłabienie sygnału wynikające z wyjściowego filtru.

Wpływ modyfikacji parametrów

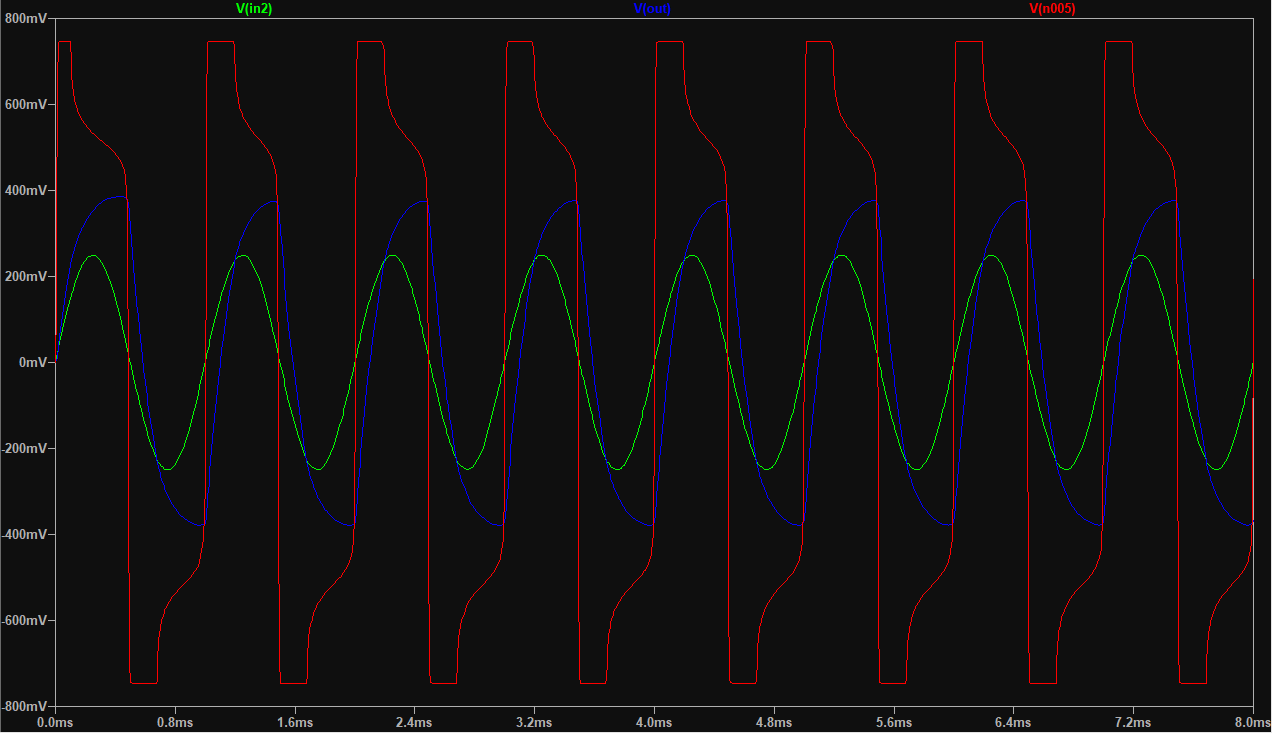
Warte wspomnienia przy układach typu overdrive / przesterowych jest najczęściej spotykane rozgraniczenie na układy tzw. soft clipping, których przykład stanowił przedstawiony powyżej, gdzie diody ucinające umieszczone zostały w sprzężeniu zwrotnym wzmacniacza oraz układy hard clipping, w których diody znajdują się poza nimi.

Aby pokazać różnicę we wpływie na sygnał, powyższy układ został odpowiednio zmodyfikowany:



Sygnałem jest ponownie sinusoida o częstotliwości 1kHz

Wynik symulacji:



Jak widać ucinanie jest tym razem dużo ostrzejsze, a nie zaokrąglane jak poprzednio.

Oraz analiza harmoniczna sygnału wyjściowego

