

Diagnostyka uszkodzeń aktywnych urządzeń elektroakustycznych przy pomocy programu komputerowego audioTester

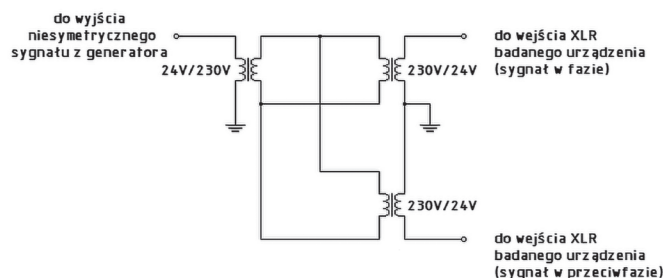
W artykule opisano prostą metodę diagnostyki uszkodzeń aktywnych urządzeń elektroakustycznych, takich jak subwoofery estradowe i monitory studyjne przy pomocy programu komputerowego audioTester. Publikacja zawiera m.in. opis techniczny symetryzatora sygnału XLR a także opis przystawki pozwalającej na przeprowadzanie wspomaganych komputerowo pomiarów charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych oraz fazowo-częstotliwościowych układów filtrów aktywnych oraz wzmacniaczy mocy metodą wobulacji sygnału sinusoidalnego. Urządzenie to może być szczególnie przydatne pasjonatom elektroniki i elektroakustyki pragnącym samodzielnie zajmować się diagnostyką i naprawą urządzeń elektroakustycznych.

Amatorzy elektroniki i elektroakustyki często spotykają się z problemami związanymi z diagnostyką i naprawą aktywnych urządzeń elektroakustycznych. Uszkodzenia w tego typu urządzeniach wynikają w głównej mierze z przeciążenia stopnia mocy podczas pracy w stanie przesterowania lub też są to drobne usterki powstałe pod wpływem drgań urządzenia, w wyniku czego dochodzi m.in. do przerw w obwodach elektronicznych spowodowanych głównie przez słabą jakość PCB oraz zastosowanie do ich montażu spoiw bezołowiowych. Podstawową przeszkodę stanowi konieczność doprowadzenia do wejść urządzenia symetrycznego sygnału XLR. Dostępne w handlu generatory sygnału sinusoidalnego posiadają przeważnie wyjścia niesymetryczne uniemożliwiające podanie dwóch sygnałów w fazie zgodnej i przeciwnej na wejścia urządzenia. W dalszym etapie potrzebna jest także możliwość pomiaru charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych oraz fazowo-częstotliwościowych badanego układu. Tego typu funkcjonalność możemy zrealizować wykorzystując program komputerowy audioTester wraz ze specjalną przystawką, której opis techniczny zostanie przedstawiony w treści publikacji.

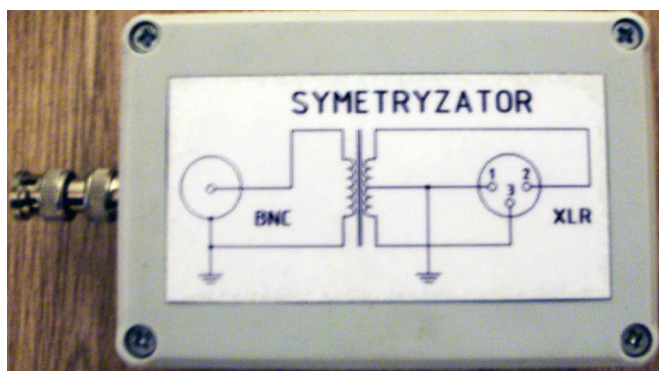
Pasywny symetryzator sygnału XLR

Dostępne w handlu pasywne symetryzatory sygnału XLR są obecnie stosunkowo drogie, chociaż ich niewątpliwą zaletą jest fakt zastosowania specjalnie nawiniętych transformatorów sygnałowych, które umożliwiają pracę w pełnym zakresie pasma akustycznego (tzn. od 20 Hz do 20 kHz). Są to urządzenia profesjonalne, stosowane powszechnie w technice nagłośnieniowej. W sytuacji, kiedy nie dysponujemy odpowiednią kwotą pieniędzy, do zastosowań amatorskich możemy wykonać samodzielnie własny pasywny symetryzator sygnału XLR o dużo gorszych parametrach ale za to przy bardzo niskich kosztach wykonania.

Symetryzator do zastosowań amatorskich możemy wykonać przy pomocy trzech transformatorów sieciowych małej mocy o napięciu



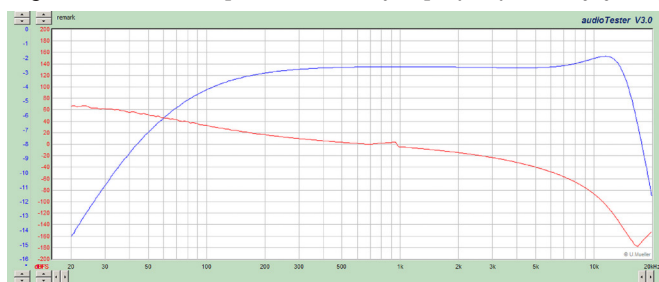
Rysunek 1. Schemat ideowy pasywnego symetryzatora sygnału XLR wykonanego przy pomocy trzech transformatorów sieciowych



Rysunek 2. Wygląd zewnętrzny pasywnego symetryzatora sygnału XLR umieszczonego w obudowie uniwersalnej

pierwotnym równym 230 V i napięciu wtórnym równym 24 V. Warto zabrać ze sobą do sklepu omomierz i wybrać trzy takie same transformatory, których rezystancja uzwojenia wtórnego jest wyższa niż 50 omów. Jest to szczególnie istotne ze względu na fakt ograniczonej obciążalności niesymetrycznego wyjścia generatora sygnału sinusoidalnego. Układ połączeń przedstawiono na rysunku 1. Transformatory łączymy ze sobą uzwojeniami pierwotnymi, natomiast uzwojenia wtórne posłużą nam odpowiednio do podania niesymetrycznego sygnału sinusoidalnego z generatora celem uzyskania dwóch sygnałów w fazie zgodnej i przeciwnej, które podamy na wejście XLR badanego urządzenia elektroakustycznego.

Wygląd zewnętrzny gotowego symetryzatora przedstawia rysunek 2, natomiast na rysunku 3 przedstawione zostały charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowa oraz fazowo-częstotliwościowa symetryzatora. Głównymi zaletami takiego rozwiązania są niski koszt wykonania oraz brak konieczności wykorzystywania zewnętrznego źródła zasilania, ponieważ układ jest pasywny. Znaczącą wadę



Rysunek 3. Charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowa oraz fazowo-częstotliwościowa pasywnego symetryzatora sygnału XLR

stanowi natomiast wąskie pasmo przenoszenia, ograniczone zarówno w dolnym jak i w górnym zakresie, co w przypadku diagnostyki uszkodzeń, np. dwudrożnych aktywnych monitorów studyjnych nie stanowi jednak problemu, ponieważ częstotliwość sygnału sinusoidalnego z generatora ustawia się przeważnie w okolicach częstotliwości podziału, aby mieć możliwość jednoczesnego badania toru wysokotonowego oraz nisko-średniotonowego. Metodyka wykonywania pomiarów polega na podaniu na wejścia XLR za pośrednictwem symetryzatora sygnału sinusoidalnego z generatora o częstotliwości z zakresu 2...4 kHz i przesłедzeniu całej drogi sygnału od wejścia do wyjścia układu przy pomocy oscyloskopu, celem lokalizacji miejsca, w którym sygnał zanika, a tym samym określenia przyczyny uszkodzenia.

Przystawka do systemu pomiarowego wykorzystującego program komputerowy audioTester

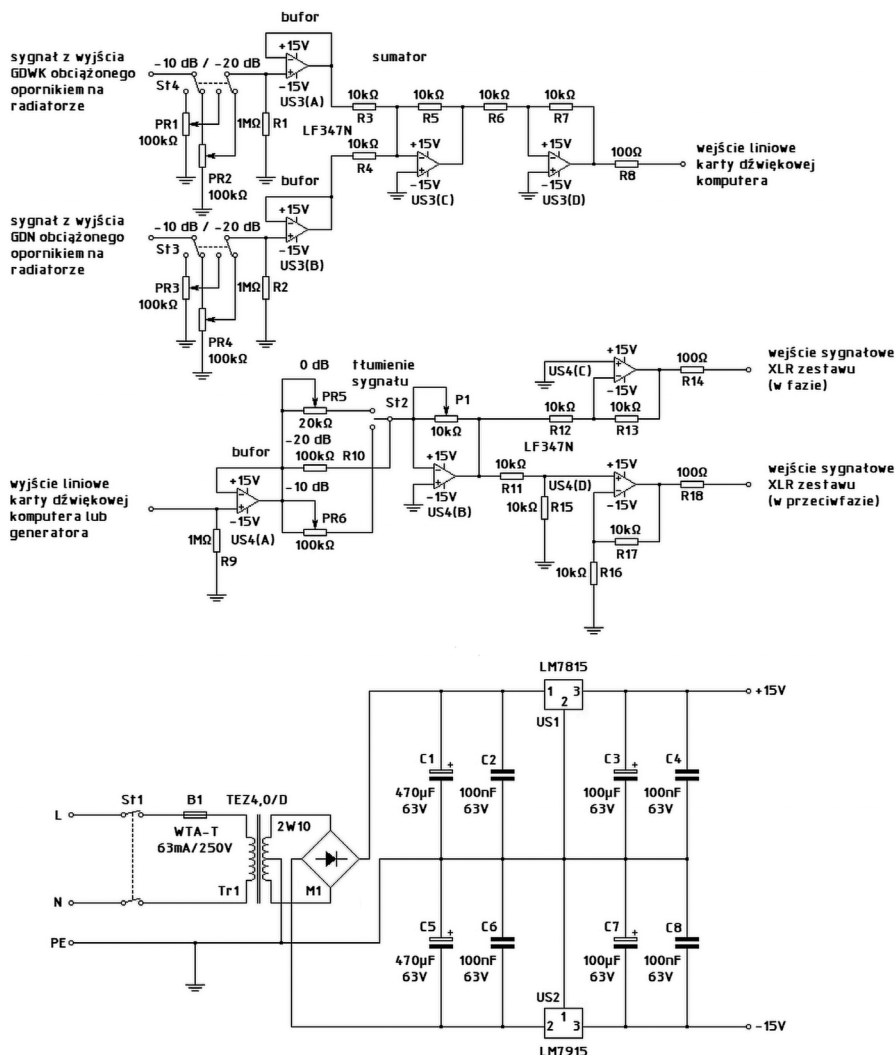
Schemat ideowy układu przedstawiono na rysunku 4. Układ zasilany jest z sieci prądu przemiennego o napięciu skutecznym równym 230 V. Załączenie układu następuje na skutek zwarcia włącznika St1 zasilającego transformator Tr1 za pośrednictwem bezpiecznika B1. W układzie zastosowano popularny czterowatowy transformator typu TEZ4,0/D. Transformator ten posiada odczep ze środka uzwojenia wtórnego umożliwiający wykonanie zasilacza symetrycznego. Za prostownikiem M1 znajduje się zestaw kondensatorów: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 oraz C8 odpowiadający za filtrację napięć zasilających. Za stabilizację napięć zasilających odpowiadają układy scalone US1 oraz US2. Do pomiarów charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych oraz fazowo-częstotliwościowych przy pomocy programu komputerowego audioTester wykorzystuje się kartę dźwiękową komputera. Sygnał z wyjścia liniowego tej karty trafia na bufor zbudowany w oparciu o wzmacniacz operacyjny US4(A). Kolejny stopień zbudowany w oparciu o wzmacniacz operacyjny US4(B) służy do skokowej i płynnej regulacji wzmocnienia sygnału zadanego. Celem ustawienia odpowiedniego tłumienia, wieloobrotowy potencjometr P1 należy ustawić na maksymalną rezystancję, na wejście wzmacniacza operacyjnego należy podać sygnał z zasilacza stabilizowanego o napięciu +1 V względem masy, przełącznik St2 należy ustawić na pozycję „0 dB” i tak długo ustawiać wieloobrotowy potencjometr montażowy PR5 typu „helitrim” aż na wyjściu wzmacniacza operacyjnego US4(C) uzyska się napięcie o wartości +1 V względem masy, natomiast na wyjściu wzmacniacza operacyjnego US4(D) uzyska się napięcie o wartości -1 V względem masy. W następnej kolejności przełącznik St2 należy ustawić na pozycję „-10 dB” i tak długo ustawiać wieloobrotowy potencjometr montażowy PR6 typu „helitrim” aż na wyjściu wzmacniacza operacyjnego US4(C) uzyska się napięcie o wartości około +316 mV względem masy, natomiast na wyjściu wzmacniacza operacyjnego US4(D) uzyska się napięcie o wartości około -316 mV względem masy.

Korzystamy tutaj z następującej formuły określającej wzmocnienie (lub tłumienie) napięciowe wyrażone w decybelach, stanowiące dwadzieścia logarytmów przy podstawie 10 ze stosunku napięcia wyjściowego do napięcia wejściowego:

$$K_u[dB] = 20 \log_{10} \left(\frac{U_{wy}}{U_{we}} \right)$$

Położenie środkowe przełącznika St2, w którym styk środkowy jest rozwarty ustala tłumienie na stałą wartość równą „-20 dB”. Sygnał na wyjściu wzmacniacza operacyjnego US4(B) jest oczywiście odwrócony w fazie, w wyniku czego wzmacniacz odwracający zbudowany na wzmacniaczu operacyjnym US4(C) przywraca fazę zgodną, natomiast wzmacniacz nieodwracający zbudowany na wzmacniaczu operacyjnym US4(D) podaje na swoje wyjście sygnał w przeciwfazie. Oporniki R14 oraz R18 zabezpieczają wyjścia wzmacniaczy operacyjnych przed przeciążeniem w przypadku wystąpienia zwarcia. Uzyskany w ten sposób sygnał symetryczny służy do diagnostyki wejść XLR badanego urządzenia elektroakustycznego.

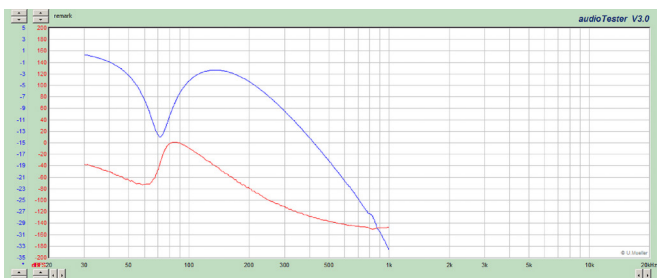
Wyjścia wzmacniacza mocy należy obciążyć opornikami o odpowiedniej mocy i rezystancji, przykręconymi do radiatora. Układ jest dwukanałowy i umożliwia pomiar charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych a także fazowo-częstotliwościowych sumy sygnałów pochodzących z kanału wysokotonowego oraz



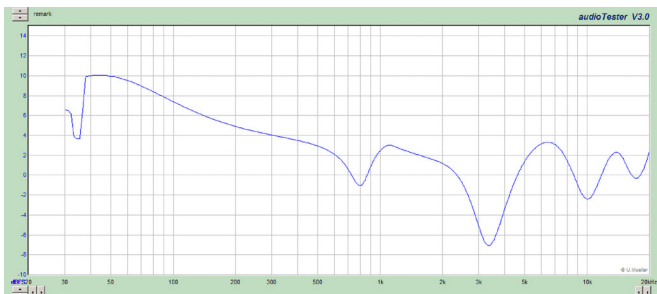
Rysunek 4. Schemat ideowy przystawki do systemu pomiarowego wykorzystującego program komputerowy audioTester



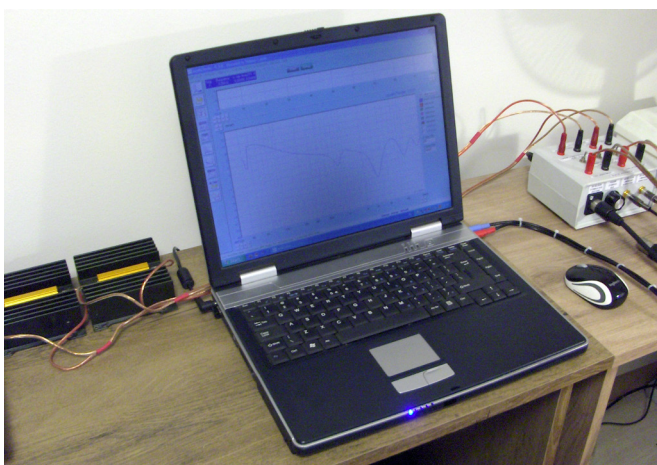
Rysunek 5. Wygląd zewnętrzny gotowej przystawki do systemu pomiarowego wykorzystującego program komputerowy audioTester



Rysunek 6. Przykładowe charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowa oraz fazowo-częstotliwościowa subwoofera aktywnego ze wzmacniaczem transkonduktancyjnym zmierzona przy pomocy programu komputerowego audioTester



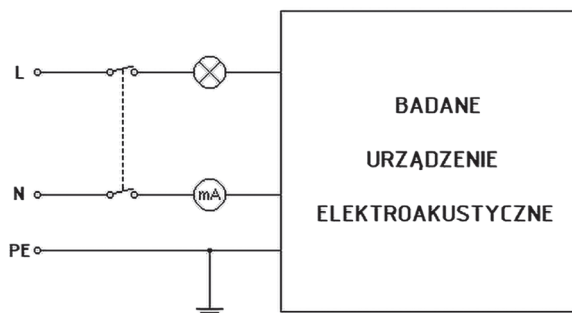
Rysunek 7. Przykładowa charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa sumy kanałów wysokotonowego oraz nisko-średniotonowego badanego aktywnego monitora studyjnego zmierzona przy pomocy programu komputerowego audioTester



Rysunek 8. Kompletny system pomiarowy składający się ze sztucznego obciążenia, przystawki oraz komputera wykorzystującego program audioTester

Tabela 1. Prąd zwarcia odpowiadający mocy elektrycznej zastosowanej żarówki

Moc żarówki	Prąd zwarcia
15 W	65 mA
25 W	109 mA
40 W	174 mA
60 W	261 mA
75 W	326 mA
100 W	435 mA
150 W	652 mA
200 W	870 mA



Rysunek 9. Schemat układu zabezpieczającego badane urządzenie elektroakustyczne przed uszkodzeniem

nisko-średniotonowego dwudrożnego aktywnego monitora studyjnego. W przypadku subwooferów wykorzystujemy tylko jeden z kanałów. Możemy także mierzyć charakterystyki kanału wysokotonowego oraz nisko-średniotonowego osobno, podając sygnał tylko na jedno z wejść układu. Przełączniki St3 oraz St4 ustalają tłumienie sygnałów pochodzących z wyjść wzmacniacza mocy. Za tłumienie sygnału odpowiedzialne są oporowe dzielniki napięcia zbudowane w oparciu o wieloobrotowe potencjometry montażowe PR1, PR2, PR3 oraz PR4 typu „helitrim”. Tłumienie ustawia się w bardzo podobny sposób, wykorzystując źródło napięcia o wartości +1 V (np. zasilacz stabilizowany) oraz woltomierz podłączony do wyjścia wzmacniacza operacyjnego US3(D). Przy prawidłowym ustawieniu wieloobrotowych potencjometrów montażowych PR1, PR2, PR3 oraz PR4, w pozycji „-10 dB” na wyjściu tego układu powinniśmy uzyskać napięcie o wartości wynoszącej około +316 mV, natomiast w pozycji „-20 dB” na wyjściu tego układu powinniśmy uzyskać napięcie o wartości wynoszącej około +100 mV. Wzmacniacze operacyjne US3(A) oraz US3(B) pracują jako buforzy natomiast wzmacniacz operacyjny US3(C) pracuje jako sumator sygnałów pochodzących z obydwu kanałów. Odwraca on jednocześnie fazę sygnału, dlatego potrzebujemy dołączyć na wyjściu jeszcze jeden wzmacniacz operacyjny US3(D) pracujący w układzie odwracającym, który zapewni nam zgodność fazy sygnału wejściowego z fazą sygnału wyjściowego. Opornik R8



Rysunek 10. Okładka książki pt. „Wprowadzenie do projektowania układów elektronicznych subwooferów aktywnych. Poradnik praktyczny”

zabezpiecza wyjście tego wzmacniacza operacyjnego przed przeciążeniem w przypadku wystąpienia zwarcia. Wyjście wzmacniacza operacyjnego US3(D) łączymy bezpośrednio z wejściem liniowym karty dźwiękowej komputera.

Zabezpieczenie badanego urządzenia elektroakustycznego przed uszkodzeniem

Przed przystąpieniem do pomiarów warto jest podłączyć najpierw badane urządzenie elektroakustyczne do sieci zasilającej za pośrednictwem żarówki z włóknem wolframowym (żarówki halogenowe oraz LED się do tego nie nadają) a także miliamperomierza prądu przemiennego. Żarówka o mocy dobranej do mocy badanego urządzenia elektroakustycznego zabezpieczy nam jego układ elektroniczny przed dalszymi uszkodzeniami, jakie mogą nastąpić np. na skutek zwarcia w jednym z uzwojeń transformatora zasilającego, przebicia w którymś z kondensatorów elektrolitycznych filtra zasilacza lub

w którymś z tranzystorów stopnia mocy. Prawidłowo działające urządzenie elektroakustyczne podłączone za pośrednictwem żarówki powinno spowodować krótki rozbłysk żarnika tej żarówki a następnie jego wygaszenie lub lekkie żarzenie. Jeśli żarówka świeci się niemal z pełną mocą przez cały czas a miliamperomierz wskazuje wartość prądu zbliżoną do tej, którą podano w poniższej tabeli, to świadczy to o uszkodzeniu urządzenia i konieczności jego naprawy przed podłączeniem go bezpośrednio do sieci zasilającej.

Książka o układach elektronicznych do subwooferów aktywnych

Zapraszam do zapoznania się z moją najnowszą książką pt. „Wprowadzenie do projektowania układów elektronicznych subwooferów aktywnych. Poradnik praktyczny”:

<https://www.youtube.com/watch?v=KIo1eqxj4AE>. ■

mgr inż. Tomasz Łysek