

Urządzenie do wyznaczania temperatury cewki głośnika

W artykule przedstawiono opis techniczny prostego urządzenia służącego do wyznaczania temperatury cewki głośnika. Urządzenie umożliwia wykonanie pomiarów przeprowadzanych metodą pośrednią wykorzystującą liniowe zmiany rezystancji miedzianego uzwojenia cewki głośnika w funkcji temperatury. Do budowy urządzenia posłużono się popularnym modułem Arduino Nano.

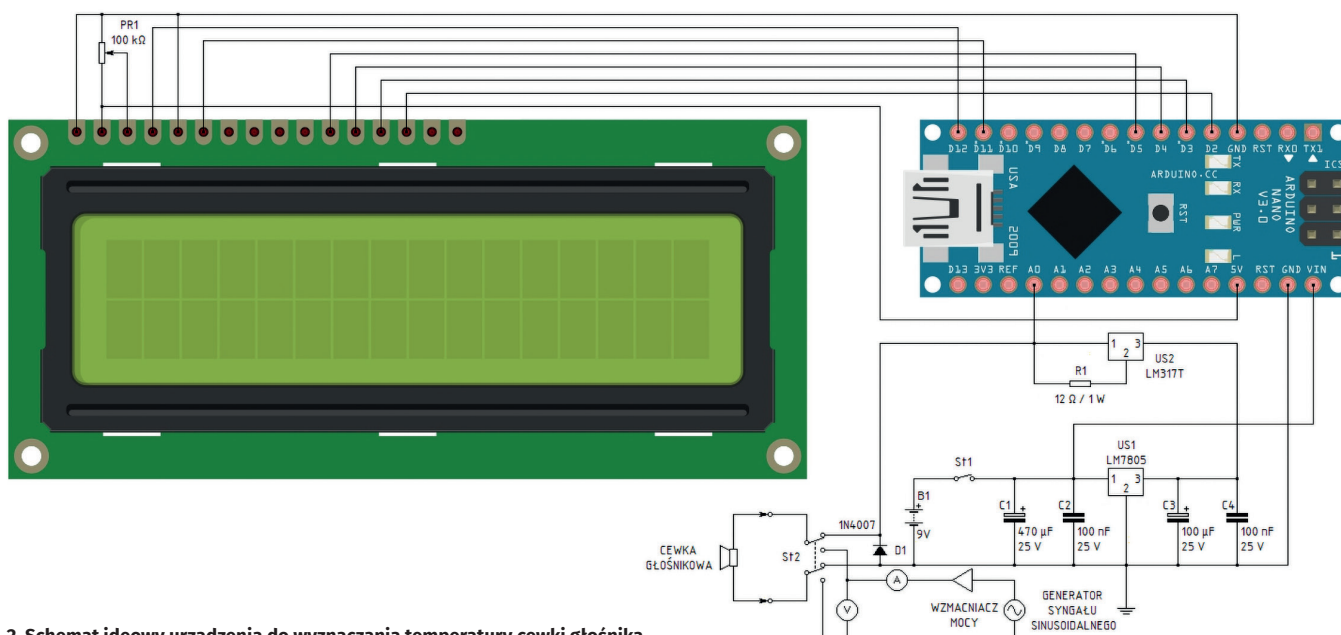
Większość urządzeń służących do wyznaczania temperatury cewki głośnika ma skomplikowaną budowę i bazuje na nadążnym pomiarze składowej rezystancyjnej uzwojenia cewki głośnika podczas pobudzenia go do drgań sygnałem sinusoidalnym z generatora wzmocnionym przez wzmacniacz mocy. Zasada działania tego typu urządzeń opiera się na jednoczesnym podaniu na zaciski głośnika sygnału sinusoidalnego oraz składowej stałej o niewielkiej wartości celem umożliwienia przeprowadzenia pomiaru rezystancji metodą techniczną, tzn. na podstawie pomiaru spadku napięcia przy stałym wymuszeniu prądowym. Tego typu rozwiązanie posiada jednak dwie znaczące wady. Pierwszą z nich stanowi konieczność zastosowania filtra dolnoprzepustowego wysokiego rzędu celem odseparowania napięcia stałego od sygnału sinusoidalnego. Drugą wadę stanowią nienaturalne warunki pracy głośnika przy współpracy z zaprojektowanym w ten sposób urządzeniem. Membrana pod wpływem przepływu prądu



1. Wygląd zewnętrzny urządzenia do wyznaczania temperatury cewki głośnika

stałego przez uzwojenie cewki głośnika jest wychylona z położenia równowagi o pewną stałą odległość, względem której oscyluje w wyniku pobudzenia jej do drgań sygnałem sinusoidalnym. Opis techniczny takiego urządzenia

można znaleźć w książce pt. *Current-driving of loudspeakers. Eliminating major distortion and interference effects by the physically correct operation method*, której autorem jest fiński uczony – mgr inż. Esa Meriläinen.



2. Schemat ideowy urządzenia do wyznaczania temperatury cewki głośnika

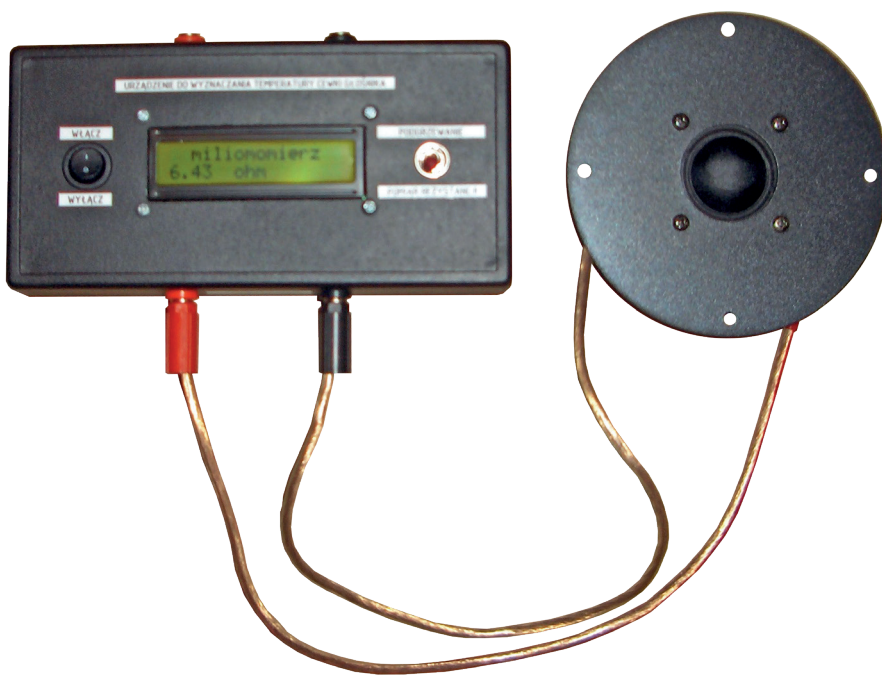


3. Kod źródłowy programu komputerowego urządzenia do wyznaczania temperatury cewki głośnika

Opis układu

Zasada działania urządzenia opisanego w treści artykułu różni się w sposób zasadniczy od opisywanych dotychczas układów elektronicznych. Podstawową różnicę stanowi rozdzielenie sygnału sinusoidalnego od sygnału pomiarowego, dzięki czemu głośnik może pracować w naturalnych dla siebie warunkach i drgania jego membrany odbywają się względem położenia swobodnego. Urządzenie bazuje na projekcie miliomomierza wykonanego w oparciu o platformę Arduino Nano. Oryginalny projekt można znaleźć na stronie internetowej: <https://tiny.pl/dlfv5>.

Projekt ten został jednak zmodyfikowany przez wzgląd na konieczność pracy z cewkami głośnikowymi charakteryzującymi się obecnością składowej reaktancyjnej (induktancji) pochodzącej od indukcyjności ich uzwojeń. Dodatkowo zmieniono sposób zasilania na bardziej energooszczędny i zrezygnowano z podświetlenia wyświetlacza LCD 2×16 w celu umożliwienia zasilania baterijnego. Celem dalszego zmniejszenia poboru prądu przez urządzenie, z modułu Arduino Nano wylutowano nawet oporniki doprowadzające napięcia zasilające do czterech diod LED. Kolejną modyfikację stanowi odseparowanie obwodu pomiarowego od układu stabilizacji znajdującego się na płytce modułu Arduino Nano, zrealizowane za pośrednictwem dodatkowego stabilizatora napięcia. Układ zasilany jest przy pomocy płaskiej baterii dziewięciowoltowej zamontowanej w koszyczku znajdującym się wewnątrz



4. Urządzenie do wyznaczania temperatury cewki głośnika mierzące rezystancję uzwojenia cewki głośnika wysokotonowego typu GDWK 11/100 w temperaturze pokojowej

obudowy. Zwarcie włącznika St1 powoduje uruchomienie urządzenia. Kondensatory elektrolityczne unipolarne C1 oraz C3 filtrują napięcie zasilające, natomiast kondensatory ceramiczne C2 i C4 pełnią rolę przeciwzakłóceń. Scalony stabilizator napięcia US1 obniża napięcie zasilania do poziomu +5 V względem masy. Napięcie to służy do zasilania źródła prądowego zbudowanego w oparciu o układ scalony US2. Opornik R1 ustala wartość prądu na 104 mA. Napięcie referencyjne układu US2 wynosi 1,25 V. Korzystając z prawa Ohma, dzieląc to napięcie przez wartość rezystancji opornika R1 (12 Ω) uzyskamy taką właśnie wartość prądu. Dokładność pomiaru rezystancji zależy od tolerancji wykonania opornika R1. Pomiar rezystancji odbywa się metodą techniczną. Spadek napięcia na obciążeniu mierzony jest przez wejście analogowe A0 modułu Arduino Nano i jest przeliczany programowo na wartość rezystancji. Pomiar odbywa się z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku natomiast najwyższą możliwą do zmierzenia wartością jest rezystancja równa 50 Ω. Dioda D1 służy zabezpieczeniu układu źródła prądowego przed przebiegiem, jakie może wystąpić podczas rozłączania cewek o dużych wartościach indukcyjności. Kontrast wyświetlacza LCD 2×16 można regulować potencjometrem montażowym PR1. Przełącznik St2 służy do wyboru rodzaju pracy. Pierwszym krokiem jest zmierzenie rezystancji uzwojenia cewki głośnika w temperaturze pokojowej (około 20°C). Następnie

po przełączeniu przełącznika St2 głośnik jest pobudzany do drgań sygnałem sinusoidalnym o wybranej częstotliwości i mocy określonej przez wzmacniacz. W układzie podłączony jest woltomierz napięcia przemiennego i amperomierz prądu przemiennego służące do wyznaczania wartości mocy zgodnie z prawem Joule'a-Lenza (moc RMS stanowi iloczyn napięcia skutecznego i prądu skutecznego). Po wygrzaniu głośnika przez określony czas (jego wartość można odczytać z norm) możemy szybko przełączyć przełącznik St2 na pozycję służącą do pomiaru rezystancji i sprawdzić o jaką wartość wzrosła rezystancja uzwojenia cewki głośnika. Współczynnik temperaturowy dla miedzi wynosi +0,0039/1°C. Oznacza to, że przykładowo dla głośnika wysokotonowego GDWK 11/100 wzrost temperatury o 40°C powyżej temperatury pokojowej wywoła zmianę rezystancji uzwojenia cewki z 6,43 Ω na 7,43 Ω.

Program komputerowy

Kod źródłowy programu komputerowego urządzenia do wyznaczania temperatury cewki głośnika został napisany w języku C++ i bazuje na oryginalnym projekcie pochodzącym z Internetu. Na początek zostaje dodana biblioteka obsługi wyświetlacza LCD 2×16. Następnie zainicjowana zostaje komunikacja szeregowo o wartości 9600 bitów na sekundę. W górnym wierszu wyświetlacza wyświetlony zostaje napis „miliomomierz”. Pętla czytuje stan wejścia

DOME TWEETER LOUDSPEAKER GDWK 11/100

9 5155 132

TECHNICAL DATA

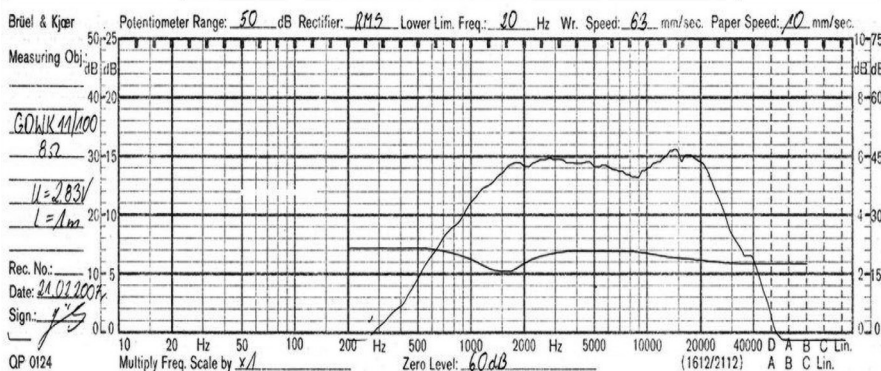
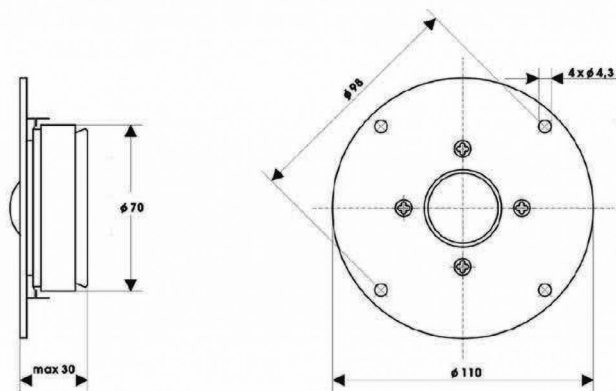
Rated impedance
Voice coil resistance
Rated frequency range
Resonance frequency
Recommended crossover frequency
Power handling capacity, P1/P2
measured with filter
Max. power
Sensitivity
Flux density
Energy in air gap
Air - gap
Voice coil height
Magnet
- material
- dimensions
- mass
Mass of loudspeaker

8	Ω
6,3	Ω
4 to 20	kHz
1,6	kHz
2,8	kHz
80/3	W
160/5	W
89	dB
1,16	T
95,6	mJ
25/30,745	mm
1,9	mm
ferite	
70/32/15	mm
0,23	kg
0,6	kg

Membrane material - fabric

AVAILABLE VERSIONS

- GDWK 11/100 - 8 Ω, catalogue number 9 5155 132 01



5. Karta katalogowa głośnika wysokotonowego typu GDWK 11/100
(źródło: <https://www.skleptonsil.pl>)

analogowego A0 i przelicza go na wartość napięcia. Następnie program wyznacza wartość rezystancji dzieląc zmienną „voltage” przez wartość prądu wynoszącą 104 mA. W następnej kolejności mamy instrukcję warunkową, która w przypadku gdy wynik pomiaru będzie wyższy od 50 Ω wyświetli w dolnym wierszu napis „brak rezystancji”. W przypadku gdy wynik pomiaru będzie niższy od 50 Ω w dolnym

wierszu wyświetli się wynik pomiaru wraz z napisem „ohm”. Obydwa warianty instrukcji warunkowej mają zadeklarowane opóźnienia o wartości 1000 ms.

Podsumowanie i wnioski

Konstrukcja urządzenia została maksymalnie uproszczona aby przyspieszyć wykonywanie pomiarów. Jego główną zaletę stanowi



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

możliwość bardzo szybkiego przełączania pomiędzy trybem podgrzewania a trybem pomiarowym. Dodatkowo warto zauważyć, że w trybie podgrzewania żaden z zacisków głośnika nie jest podłączony do masy, co z kolei umożliwia stosowanie nowoczesnych wzmacniaczy mostkowych, w których żaden z zacisków wyjściowych nie znajduje się na potencjale masy. Urządzenie może zostać wykorzystane do przeprowadzania badań niszczących mających na celu określenie dopuszczalnej mocy sygnału elektrycznego jaki może zostać doprowadzony do zacisków głośnika. Zarówno kod źródłowy jak i sam schemat ideowy urządzenia może zostać zmodyfikowany w taki sposób, aby wynik pomiaru rezystancji uzwojenia cewki głośnika w temperaturze pokojowej został wpisany do pamięci mikroprocesora a następnie, aby zarejestrowany przyrost rezystancji został przeliczony na temperaturę na podstawie współczynnika temperaturowego miedzi. Urządzenie to z całą pewnością można polecić entuzjastom elektroniki i elektroakustyki.

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://youtu.be/KIo1eqxj4AE>, <https://youtu.be/gpQe89R5HEK>. ■

mgr inż. Tomasz Łysek