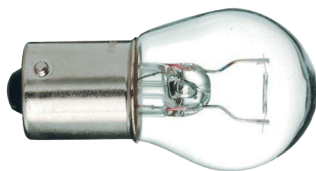


Zabezpieczenie głośnika wysokotonowego żarówką samochodową z włóknem wolframowym

Publikacja zawiera opis techniczny popularnego zabezpieczenia głośnika wysokotonowego zrealizowanego przy pomocy żarówki samochodowej z włóknem wolframowym. W treści artykułu zamieszczono wyniki pomiarów ułatwiające prawidłowy dobór odpowiedniego rodzaju żarówki. Rozwiązanie to jest z powodzeniem stosowane w konstrukcji wielu układów zwrotnic zestawów głośnikowych i pozwala uchronić głośnik wysokotonowy przed uszkodzeniem na skutek przeciążenia.

Żarówki samochodowe z włóknem wolframowym charakteryzują się rezystancją włókna zmieniającą się w zależności od jego temperatury. Posiadają one zatem nieliniową charakterystykę napięciowo-prądową. Właściwości takich żarówek wykorzystuje się z powodzeniem w projektach



1. Wygląd zewnętrzny żarówki samochodowej typu P21W o napięciu pracy 12 V i mocy 21 W



2. Wygląd zewnętrzny zestawu głośnikowego typu ZgB-200-4-566 „ZEUS” produkowanego przez wrzesińską firmę Tonsil (źródło: <https://www.skleptonsil.pl>)

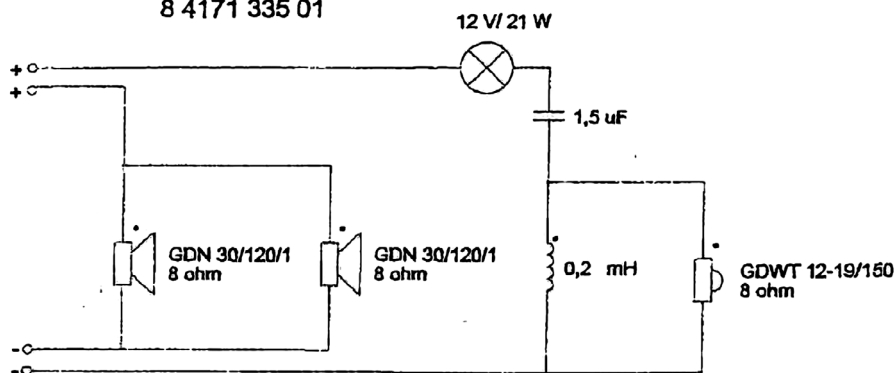
Tabela 1. Wyniki pomiarów żarówki samochodowej typu P21W

Napięcie [V]	Prąd [A]	Opór [Ω]	Moc [W]
0,50	0,47	1,06	0,24
1,00	0,59	1,69	0,59
1,50	0,68	2,21	1,02
2,00	0,74	2,70	1,48
2,50	0,80	3,13	2,00
3,00	0,85	3,53	2,55
3,50	0,91	3,85	3,19
4,00	0,98	4,08	3,92
4,50	1,02	4,41	4,59
5,00	1,06	4,72	5,30
5,50	1,13	4,87	6,22
6,00	1,18	5,08	7,08
6,50	1,20	5,42	7,80
7,00	1,30	5,38	9,10
7,50	1,35	5,56	10,13
8,00	1,40	5,71	11,20
8,50	1,44	5,90	12,24
9,00	1,49	6,04	13,41
9,50	1,53	6,21	14,54
10,00	1,59	6,29	15,90
10,50	1,62	6,48	17,01
11,00	1,65	6,67	18,15
11,50	1,69	6,80	19,44
12,00	1,75	6,86	21,00
12,50	1,80	6,94	22,50
13,00	1,85	7,03	24,05
13,50	1,88	7,18	25,38
14,00	1,92	7,29	26,88
14,50	1,95	7,44	28,28
15,00	1,99	7,54	29,85

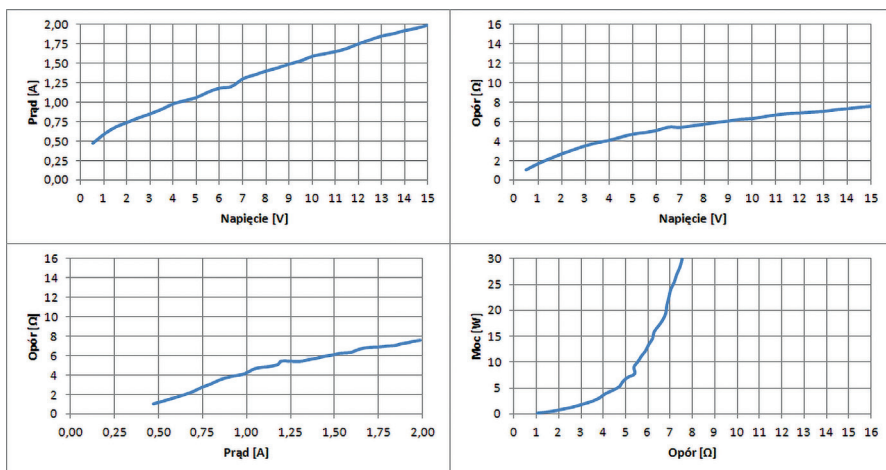
Tabela 2. Wyniki pomiarów układu zastępczego z dzielnikiem napięcia zawierającym element o nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej (w odniesieniu do wartości napięcia stanowiącego sumę wskazań obydwu woltomierzy)

Napięcie [V]	Prąd [A]	Opór [Ω]	Moc [W]
0,50	0,06	9,06	0,03
1,00	0,10	9,69	0,10
1,50	0,15	10,21	0,22
2,00	0,19	10,70	0,37
2,50	0,22	11,13	0,56
3,00	0,26	11,53	0,78
3,50	0,30	11,85	1,03
4,00	0,33	12,08	1,32
4,50	0,36	12,41	1,63
5,00	0,39	12,72	1,97
5,50	0,43	12,87	2,35
6,00	0,46	13,08	2,75
6,50	0,48	13,42	3,15
7,00	0,52	13,38	3,66
7,50	0,55	13,56	4,15
8,00	0,58	13,71	4,67
8,50	0,61	13,90	5,20
9,00	0,64	14,04	5,77
9,50	0,67	14,21	6,35
10,00	0,70	14,29	7,00
10,50	0,73	14,48	7,61
11,00	0,75	14,67	8,25
11,50	0,78	14,80	8,94
12,00	0,81	14,86	9,69
12,50	0,84	14,94	10,46
13,00	0,86	15,03	11,24
13,50	0,89	15,18	12,01
14,00	0,92	15,29	12,82
14,50	0,94	15,44	13,62
15,00	0,97	15,54	14,48

8 4171 335 01



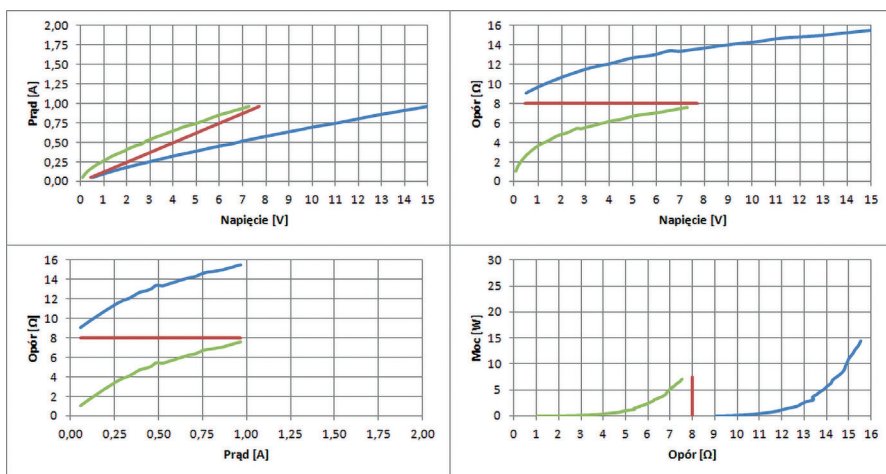
3. Schemat ideowy układu zwrotnicy zestawu głośnikowego typu ZgB-200-4-566 „ZEUS” produkowanego przez wrzesińską firmę Tonsil (źródło: <https://www.skleptonsil.pl>)



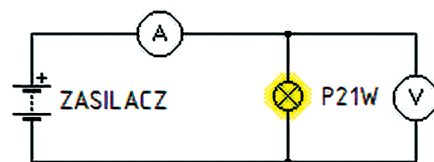
5. Zestaw charakterystyk: prądu w funkcji napięcia, oporu w funkcji napięcia, oporu w funkcji prądu oraz mocy w funkcji oporu żarówki samochodowej typu P21W o napięciu pracy 12 V i mocy 21 W

układów zwrotnic wielu zestawów głośnikowych, w których żarówka pełni rolę zabezpieczającą i jest podłączona bezpośrednio przed filtrem górnoprzepustowym głośnika wysokotonowego.

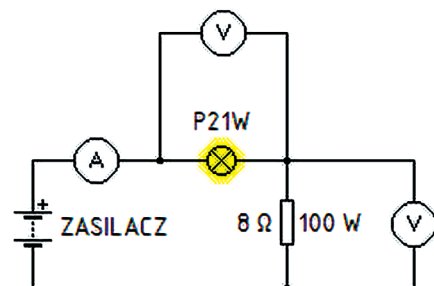
Tego typu rozwiązanie zastosowano m.in. w układzie zwrotnicy zestawu głośnikowego typu ZgB-200-4-566 produkowanego przez wrzesińską firmę Tonsil pod nazwą handlową „ZEUS”. Żarówka pełni w układzie



7. Zestaw charakterystyk: prądu w funkcji napięcia, oporu w funkcji napięcia, oporu w funkcji prądu oraz mocy w funkcji oporu układu zastępczego z dzielnikiem napięcia zawierającym element o nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej (linia niebieska – wyniki pomiarów w odniesieniu do szeregowego połączenia żarówki i opornika, linia czerwona – wyniki pomiarów w odniesieniu do opornika, linia zielona – wyniki pomiarów w odniesieniu do żarówki)



4. Schemat ideowy układu służącego do wyznaczania charakterystyk żarówki samochodowej z włóknem wolframowym



6. Schemat ideowy układu służącego do wyznaczania charakterystyk dzielnika napięcia składającego się z żarówki samochodowej z włóknem wolframowym (element nieliniowy) oraz stuwatowego opornika ośmioomowego (element liniowy)

rolę limitera i ogranicza moc doprowadzaną do uzwojenia cewki głośnika wysokotonowego podczas pracy z pełnym wysterowaniem, co jest szczególnie istotne w przypadku wystąpienia zjawiska przesterowania.

Wyniki pomiarów

Aby lepiej zapoznać się z właściwościami żarówki samochodowej typu P21W o napięciu pracy 12 V i mocy 21 W możemy zbudować prosty układ pomiarowy służący do wyznaczania jej charakterystyk metodą punkt po punkcie. Schemat ideowy układu przedstawiono na **rysunku 4**.

Brakujące dane dotyczące wartości oporu oraz mocy obliczono korzystając z prawa Ohma oraz z prawa Joule’a-Lenza. Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń wykreślono zestaw charakterystyk przedstawionych na **rysunku 5**.

W następnej kolejności zbudowano układ zastępczy zawierający dzielnik napięcia składający się z żarówki samochodowej z włóknem wolframowym oraz stuwatowego opornika ośmioomowego. Układ ten posłużył do wyznaczenia metodą punkt po punkcie charakterystyk pozwalających na przybliżone określenie zachowania się włókna wolframowego żarówki samochodowej w warunkach pracy z obciążeniem o charakterze rezystancyjnym.

Brakujące dane dotyczące wartości oporu oraz mocy obliczono korzystając z prawa Ohma oraz z prawa Joule’a-Lenza. Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń wykreślono zestaw charakterystyk przedstawionych na **rysunku 7**.

Tabela 3. Wyniki pomiarów układu zastępczego z dzielnikiem napięcia zawierającym element o nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej (w odniesieniu do wartości napięcia zmierzonego na zaciskach stuwatowego opornika ośmioomowego)

Napięcie [V]	Prąd [A]	Opór [Ω]	Moc [W]
0,44	0,06	8,00	0,02
0,83	0,10	8,00	0,09
1,18	0,15	8,00	0,17
1,50	0,19	8,00	0,28
1,80	0,22	8,00	0,40
2,08	0,26	8,00	0,54
2,36	0,30	8,00	0,70
2,65	0,33	8,00	0,88
2,90	0,36	8,00	1,05
3,14	0,39	8,00	1,24
3,42	0,43	8,00	1,46
3,67	0,46	8,00	1,68
3,87	0,48	8,00	1,88
4,19	0,52	8,00	2,19
4,42	0,55	8,00	2,45
4,67	0,58	8,00	2,72
4,89	0,61	8,00	2,99
5,13	0,64	8,00	3,29
5,35	0,67	8,00	3,58
5,60	0,70	8,00	3,92
5,80	0,73	8,00	4,21
6,00	0,75	8,00	4,50
6,22	0,78	8,00	4,83
6,46	0,81	8,00	5,22
6,69	0,84	8,00	5,60
6,92	0,86	8,00	5,98
7,11	0,89	8,00	6,33
7,33	0,92	8,00	6,71
7,51	0,94	8,00	7,06
7,72	0,97	8,00	7,45

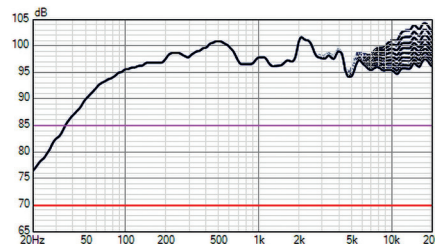
Tabela 4. Wyniki pomiarów układu zastępczego z dzielnikiem napięcia zawierającym element o nieliniowej charakterystyce napięciowo-prądowej (w odniesieniu do wartości napięcia zmierzonego na zaciskach żarówki samochodowej z włóknem wolframowym)

Napięcie [V]	Prąd [A]	Opór [Ω]	Moc [W]
0,06	0,06	1,06	0,00
0,17	0,10	1,69	0,02
0,32	0,15	2,21	0,05
0,50	0,19	2,70	0,09
0,70	0,22	3,13	0,16
0,92	0,26	3,53	0,24
1,14	0,30	3,85	0,34
1,35	0,33	4,08	0,45
1,60	0,36	4,41	0,58
1,86	0,39	4,72	0,73
2,08	0,43	4,87	0,89
2,33	0,46	5,08	1,07
2,63	0,48	5,42	1,27
2,81	0,52	5,38	1,47
3,08	0,55	5,56	1,70
3,33	0,58	5,71	1,94
3,61	0,61	5,90	2,21
3,87	0,64	6,04	2,48
4,15	0,67	6,21	2,78
4,40	0,70	6,29	3,08
4,70	0,73	6,48	3,41
5,00	0,75	6,67	3,75
5,28	0,78	6,80	4,11
5,54	0,81	6,86	4,47
5,81	0,84	6,94	4,86
6,08	0,86	7,03	5,26
6,39	0,89	7,18	5,68
6,67	0,92	7,29	6,11
6,99	0,94	7,44	6,56
7,28	0,97	7,54	7,03

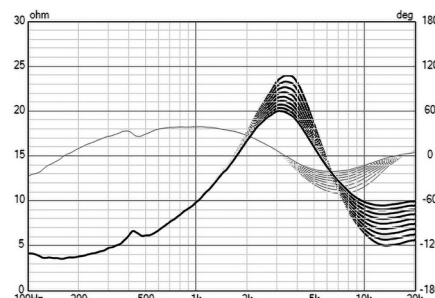
Podsumowanie i wnioski

Przedstawiona metodyka przeprowadzania pomiarów pozwala dobrać odpowiednią żarówkę samochodową z włóknem wolframowym do współpracy z dowolnie wybranym filtrem górnoprzepustowym i głośnikiem wysokotonowym. Należy pamiętać o tym, że żarówka powinna zostać podłączona bezpośrednio przed filtrem górnoprzepustowym głośnika

wysokotonowego. W przypadku żarówki typu P21W w warunkach przesterowania jej włókno wolframowe osiąga wartość rezystancji zbliżoną do wartości składowej rezystancyjnej uzwojenia cewki zabezpieczonego głośnika wysokotonowego typu GDWT 12-19/150 (**rysunek 10**). Przedstawione zestawy charakterystyk oraz wyniki pomiarów pozwalają określić proporcje pomiędzy wartością mocy wydzielanej

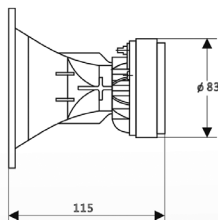
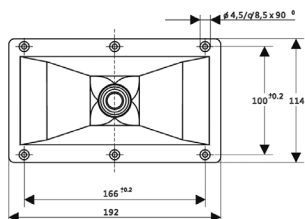


8. Zestaw charakterystyk poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości zestawu głośnikowego typu ZgB-200-4-566 „ZEUS” produkowanego przez wrzesińską firmę Tonsil wykreślonych dla różnych wartości rezystancji włókna wolframowego żarówki samochodowej



9. Zestaw charakterystyk modułu impedancji w funkcji częstotliwości oraz kąta fazowego w funkcji częstotliwości zestawu głośnikowego typu ZgB-200-4-566 „ZEUS” produkowanego przez wrzesińską firmę Tonsil wykreślonych dla różnych wartości rezystancji włókna wolframowego żarówki samochodowej

na uzwojeniu cewki głośnika a wartością mocy traconej na włóknie wolframowym żarówki samochodowej w wybranych punktach pracy. Wykonany w ten sposób układ limitera ogranicza wartość mocy wydzielanej na uzwojeniu cewki głośnika, co znajduje swoje odzwierciedlenie na wypadkowej charakterystyce poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości zestawu głośnikowego (**rysunek 8**) objawiające się niższą efektywnością przetwarzania tonów wysokich. Obecność żarówki samochodowej z włóknem wolframowym ma także wpływ na wypadkową charakterystykę modułu impedancji w funkcji częstotliwości zestawu głośnikowego (**rysunek 9**). Wzrost rezystancji włókna wolframowego żarówki samochodowej powoduje stopniowe obniżanie się i przemieszczanie się wzniesienia na wypadkowej charakterystyce modułu impedancji w funkcji częstotliwości zestawu głośnikowego, którego szczyt ulokowany jest w okolicach częstotliwości 3,0...3,5 kHz przy jednoczesnym podwyższaniu się tej charakterystyki w obszarze częstotliwości z zakresu od 6 kHz do 20 kHz. Wzrost rezystancji włókna wolframowego żarówki samochodowej powoduje także zmniejszanie się wartości kąta fazowego w zakresie częstotliwości od 3 kHz do 20 kHz. Warto zauważyć, że spadek napięcia o wartości już 1 V powoduje



HORN TWEETER LOUDSPEAKER GDWT12-19/150

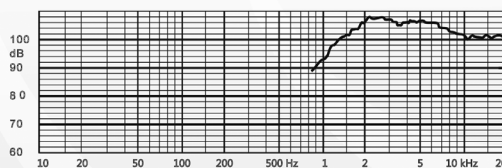
TECHNICAL DATA

Rated impedance	8	Ω
Voice coil resistance	6,3	Ω
Rated frequency range	4 to 20	kHz
Resonance frequency	-	kHz
Recommended crossover frequency	4,5	kHz
Power handling capacity, P1/P2, measured with filter,	150/7	W
Max. power	200/15	W
Sensitivity	103	dB
Flux density	1,35	T
Energy in air gap	129,1	mJ
Air - gap	25/3,0/0,745	mm
Voice coil height	1,8	mm
Magnet	-	
- material	ferrite	
- dimensions	83/31/15	mm
- mass	0,36	kg
Mass of loudspeaker	1,0	kg

The loudspeaker has flexible wire leads and an air gap with ferrofluid.

AVAILABLE VERSIONS

- GDWT 12-19/150 - 8Ω, catalogue number 9 5155 100 13



FREQUENCY RESPONSE CURVE

Measured in anechoic room at 1W, 1m, free field.

10. Karta katalogowa głośnika wysokotonowego typu GDWT 12-19/150 (źródło: <https://www.skleptonsil.pl>)

widoczne żarzenie się włókna wolframowego żarówki samochodowej. Zbudowany w ten sposób limiter charakteryzuje się

łagodnym działaniem polegającym na stopniowym ograniczaniu mocy sygnału oraz dużą bezwładnością. Układ ten z całą



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

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