

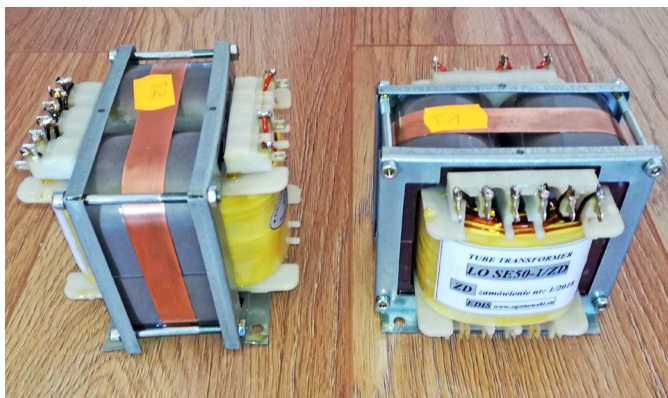
Wzmacniacz Erno Borbleya na lampie 6S33S

z możliwością pracy na dwóch i na jednym systemie triodowym lampy

Kiedy Erno Borbley w 1996 roku w miesięczniku *Glass Audio* opisał projekt swojego wzmacniacza na rosyjskiej lampie 6C33C, wspominał że lampę tę wybrał dlatego, że pozwalała na włączonych dwóch włóknach żarzenia osiągnąć wyższą moc wyjściową od popularnych lamp 300B i 2A3. Lampa ta jednak zaprojektowana została do pracy z włączonym jednym systemem triodowym, drugi system miał w zastosowaniach militarnych pozostawać „bojową” rezerwa na wypadek uszkodzenia pierwszego.

W codziennych odsłuchach zwykle wystarcza nam mniejsza moc wyjściowa wzmacniacza a możliwość zaoszczędzenia lamp czy zużywanej energii też jest istotną pozycją naszego budżetu. Opracowanie to opisuje praktycznie sprawdzone możliwości pracy wzmacniacza na jednym systemie triodowym lampy.

Jako model dla porównania nowych konfiguracji stopnia końcowego, został wykorzystany wzmacniacz pana Krzysztofa Kota (kotok@poczta.onet.pl), który zainspirowany przed laty artykułem Erno Borbleya zbudował taki wzmacniacz. W stopniu końcowym zastosowano transformatory głośnikowe firmy EDIS. Pan Leszek Ogonowski przyjął zamówienie na wykonanie na bazie oferowanych aktualnie transformatorów EDIS LOSE-50-1-6S33S, pary transformatorów testowych, o zmienionych impedancjach dopasowania do głośników (fotografia 1). Umożliwiło to porównanie parametrów nowych impedancji z dotychczasowymi, wykonanymi na bazie tego samego rdzenia transformatorowego. Zmodyfikowany wzmacniacz został przesłuchany przez grono melomanów, w ocenie których walory odsłuchowe dla pracy na jednym systemie triodowym wydały się lepsze, a część z nich wypowiedziała się że satysfakcjonowałby ich wzmacniacz z możliwością pracy tylko na jednym systemie triodowym, bo dla nich, moc wyjściowa jaką osiągnął wzmacniacz była wystarczająca.



Fotografia 1. Dwuimpedancyjne transformatory dla lampy 6S33S wykonane przez firmę EDIS Leszek Ogonowski

Wzmacniacz według projektu Erno Borbleya

Erno Borbley projektując swój wzmacniacz założył że będzie on pracował wyłącznie na dwóch systemach triodowych. Dla zapewnienia długiej żywotności lampy, ograniczył jej moc admissyjną do 44,0 W i wartości spoczynkowego punktu pracy przyjął: $U_o=200$ V, $I_o=220$ mA. Po nastawieniu tych punktów pracy na wzmacniaczu modelowym, zmierzona moc bez zniekształceń wyniosła około 15,0 W. Wzmacniacz był badany na kilku zamienianych lampach, a uzyskane moce różniły się w granicach do 0,5 W. Dla porównania, efektywności energetycznej wzmacniacza, zostały pomierzone moce wyjściowe i pobierane z zasilacza, w rozpatrywanych topologiach. Pobór mocy przez stopień końcowy wzmacniacza według koncepcji Erno Borbleya została w tabeli 1.

Tabela 1. Praca z włączonymi dwoma systemami triodowymi, żywotność powyżej 3000 godzin

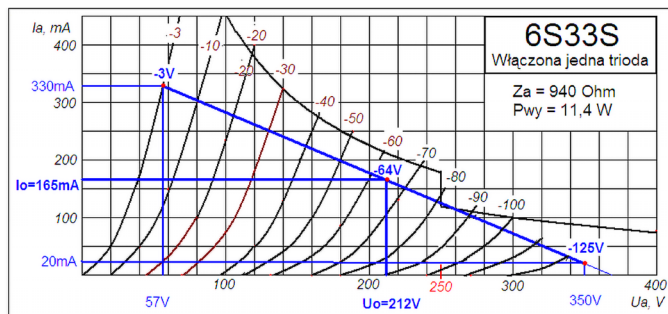
Moc obwodu anodowego (200 V×0,22 A)	44,0 W	Zmierzona moc wyjściowa	15,0 W
Moc obwodu żarzenia lampy (12,6 V×3,3 A)	41,6 W	Moc wyjściowa do mocy admissyjnej	33,3%
Razem moc pobierana przez jeden kanał	85,6 W	Moc wyjściowa do mocy anodowej i żarzenia	17,5%

Koncepcja wzmacniacza z dwuimpedancyjnym transformatorem głośnikowym

Zostało przyjęte założenie, że mając do dyspozycji możliwość pracy z większą mocą na dwóch systemach triodowych i z mocą mniejszą na jednym systemie, długą żywotność lampy może zapewniać system pojedynczy który będzie częściej wykorzystywany, natomiast w systemie pracy równoległej triod, priorytetem będzie uzyskanie wyższej mocy kosztem żywotności lampy.

W pierwszym zbudowanym wzmacniaczu według tej koncepcji, została zapewniona możliwość przełączania wzmacniacza podczas jego pracy z systemu podwójnego na pojedynczy przez zmianę dopasowania impedancyjnego na odczpie uzwojenia wtórnego transformatora. Rozwiązanie takie miało zapewnić bezpieczeństwo eksploatacji wzmacniacza, aby podczas przypadkowego przełączenia podczas jego pracy, nie doszło do przerwania nie tylko składowej przemiennej sygnału akustycznego, ale również składowej stałej prądu spoczynkowego, czego skutkiem jeżeli przełączanie odbywałoby się na uzwojeniu pierwotnym, byłoby powstanie łuku elektrycznego na stykach przełącznika i w konsekwencji uszkodzenie transformatora i lampy. Taka koncepcja wymagała zastosowania w obwodzie magnetowodu transformatora, szczeliny magnetycznej obliczonej dla prądu spoczynkowego systemu podwójnego, co po przejściu na system pracy z pojedynczą triodą, ograniczało dolne pasmo przenoszenia, dla którego to systemu pracy, szczelina magnetyczna w rdzeniu mogłaby być mniejsza.

W transformatorach firmy EDIS przełączanie impedancji odbywa się na odczpie uzwojenia pierwotnego dobranym tak, aby zarówno



Rysunek 2. Wykres charakterystyki roboczej dla równoległego połączenia wewnętrznych triod lampy

Tabela 2. Praca z włączonymi dwoma systemami trydowymi, żywotność lampy ok. 1500 – 1800 godzin

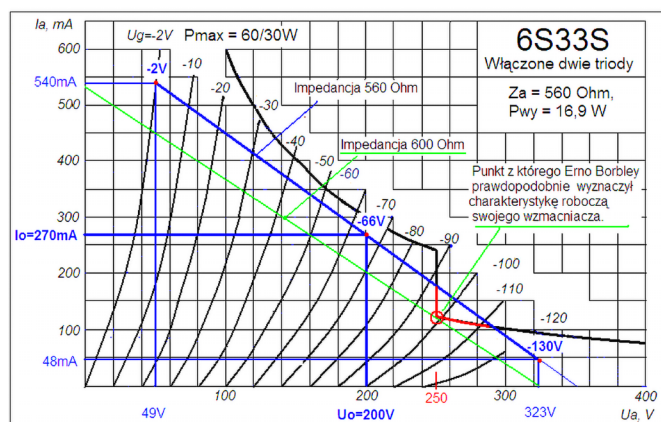
Moc obwodu anodowego (200 V×0,27 A).	54,0 W	Zmierzona moc wyjściowa.	17,2 W
Moc obwodu żarzenia lampy (12,6 V×3,3 A).	41,6 W	Moc wyjściowa do mocy admissyjnej.	32,0%
Razem moc pobierana przez jeden kanał.	95,6 W	Moc wyjściowa do mocy anodowej i żarzenia.	18,0%

dla pracy z jednym systemem trydowym jak i z dwoma, namagnesowanie rdzenia było zbliżone i szczelina magnetyczna nie powodowała ograniczenia dolnego pasma przenoszenia dla żadnego z systemów pracy. Zabezpieczenie przed przypadkowym przełączeniem wzmacniacza można rozwiązać prostymi metodami utrudniającymi dostęp do przełącznika podczas pracy wzmacniacza.

Charakterystyka robocza dla równoległego połączonych systemów trydowych

Do wyznaczenia nowej charakterystyki przyjęto że moc admissyjna lampy wyniesie około 90% mocy maksymalnej, co powinno zapewnić żywotność lampy na poziomie 1500 do 1800 godzin. Dla tej mocy na katalogowej rodzinie charakterystyk anodowych została wyznaczona charakterystyka robocza stopnia końcowego, przedstawia ją rysunek 1. Na wykresie przedstawiona została też charakterystyka robocza dla impedancji dopasowania 600 Ohm, wyprowadzona z punktu ograniczenia mocy maksymalnej z 60 W do 30 W przy napięciu 250 V, z którego to punktu prawdopodobnie charakterystykę swojego wzmacniacza wyznaczał Erno Borbley. Wtedy lampy ta nie była jeszcze dobrze poznana w zastosowaniach audio i uwzględnienie ograniczenia wynikającego z noty katalogowej miało uzasadnienie. Dzisiaj dzięki doświadczeniom wielu konstruktorów, jesteśmy bogatsi o wiedzę o dużej odporności na przeciążenia i wyższe napięcia pracy lampy. Prawdopodobnie też dla pracy w zakresie wyższych napięć pracy lampy ta nie została projektowana, a jej konstruktor dla napięcia 250 V po prostu postawił na charakterystyce pionową „kreskę” ograniczając jej moc maksymalną do 30 W. Przy opracowaniu nowej aplikacji zostało przyjęte założenie wyprzedkowania mocy maksymalnej do ok. 45 W dla napięcia 250 V, przy czym przy napięciu pracy ok. 300 V moc admissyjna nie powinna już przekraczać 30 W (rysunek 2).

Napięcie anodowe U_o pozostało jak we wzmacniaczu Erno Borbley'a na poziomie ok. 200 V, zwiększony został natomiast prąd spoczynkowy I_o z 220 mA do 270 mA. Dla tych parametrów



Rysunek 3. Wykres charakterystyki roboczej dla pracy z włączonym jednym systemem trydowym

Tabela 3. Praca z włączonymi dwoma systemami trydowymi, żywotność lampy ok. 1500 – 1800 godzin

Moc obwodu anodowego (212 V×0,165 A).	35,0 W	Zmierzona moc wyjściowa.	12,2 W
Moc obwodu żarzenia lampy (6,3 V×3,3 A).	20,8 W	Moc wyjściowa do mocy admissyjnej.	35,0%
Razem moc pobierana przez jeden kanał.	55,8 W	Moc wyjściowa do mocy anodowej i żarzenia.	21,9%

impedancja dopasowania wyznaczona dla klasy A Single Ended wyniosła ok. 560 Ω . Zestawienie wyników otrzymanych z pomiarów umieszczono w tabeli 2.

Charakterystyka robocza dla pojedynczego systemu trydowego

Dla pracy wzmacniacza z pojedynczą triodą przyjęta została długowieczność na poziomie ok. 3000 godzin i moc admissyjna wyznaczona na ok. 35 W. Wybrana charakterystyka robocza jest pokazana na rysunku 3. Przy napięciu anodowym 250 V moc wynosi ok. 30 W, jednak charakterystyka katalogowa podana jest dla anodowego prądu ciągłego lampy stabilizacyjnej, a dla sygnału sinusoidalnego moc RMS będzie niższa (tabela 3). Pozostaje jednak wątpliwość, czy dla zastosowań audio nie powinna być brana pod uwagę też chwilowa wartość prądu katodowego lampy. Dla przyjętej impedancji dopasowania i punktu pracy spoczynkowej sytuacja taka jednak nie zachodzi.

Podsumowanie

Zestawienia wyników dla porównywanych systemów pracy lampy nie uwzględniają strat w obwodach zasilania anodowego stopnia końcowych. Po ich uwzględnieniu moc tracona w jednym kanale wzmacniacza wyniesie ok. 100 W dla systemu równoległego i ok. 60 W dla pracy w systemie pojedynczym. Konsumpcja energii wzmacniacza obniży się więc z ok. 230 W do ok. 150 W. Żywotność lamp też wydłuży się do ok. 6000 godzin, po 3000 dla każdej z dwóch wewnętrznych triod. Wysoka ocena przez grupę melomanów jakości dźwięku przy włączonym jednym włóknie żarzenia lampy też przekonuje do budowy wzmacniaczy z możliwością wyboru rodzaju pracy. Do takiej przecież została zaprojektowana ta lampy.

Zbigniew Dybał

REKLAMA

www.elektronikapraktyczna.pl