

5

ZASILACZE WZMACNIACZY M.CZ.

Do zasilania wzmacniaczy m. cz. stosowane są zasilacze dwojakiego rodzaju, oddzielnie do zasilania wzmacniaczy mocy i oddzielnie do zasilania wzmacniaczy napięciowych. Konstrukcje wykorzystujące jeden wspólny zasilacz są rzadko spotykane.

5.1. Zasilacze wzmacniaczy mocy

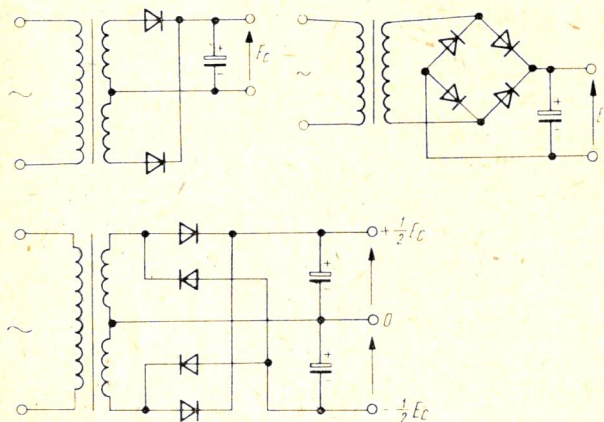
Do zasilania wzmacniaczy mocy stosowane są zasilacze stabilizowane lub niestabilizowane, przy czym istnieje tendencja, żeby przy coraz bardziej złożonych układach wzmacniaczy mocy stosowane były coraz prostsze zasilacze.

W przypadku zasilaczy niestabilizowanych napięcie najczęściej pobierane jest z kondensatora umieszczonego bezpośrednio za prostownikiem. Kondensator ten musi mieć jednak dużą pojemność, aby tętnienia nie przekraczały dopuszczalnej wartości przy maksymalnym poborze prądu. Najczęściej stosowane pojemności zawierają się w granicach od $4700 \div 15\,000 \mu\text{F}$.

Jeżeli napięcie zasilające zostało ustalone z pewnym zapasem, to tętnienia tego napięcia nie wpływają w istotny sposób na pracę wzmacniacza, a konstrukcja zasilacza bardzo się upraszcza.

Trzy najczęściej stosowane typy zasilaczy niestabilizowanych przedstawione zostały na rys. 5.1. Zasilacze przedstawione na rys. 5.1a i b dostarczają pojedynczego napięcia, natomiast przedstawiony na rys. 5.1c — dwóch symetrycznych napięć. Obecnie coraz częściej wzmacniacze mocy wyposażone są w zasilacze tego typu przy jednoczesnej eliminacji kondensatorów wyjściowych. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość zastosowania kondensatorów

elektrolitycznych w filtrze na napięcie o połowę niższe, niż w przypadku zasilacza dostarczającego pojedynczego napięcia, oraz brak kondensatora wyjściowego we wzmacniaczu mocy, co ma istotne znaczenie w układach wielokanałowych



Rys. 5.1. Najczęściej stosowane typy zasilaczy nie-stabilizowanych

(stereo, kwadro). Moc pobierana z zasilacza zależna jest od znamionowej mocy wzmacniacza oraz od sprawności wzmacniacza. Na ogół sprawność wzmacniaczy pracujących w klasie AB wynosi 60%, a stąd:

$$P_z = P_{wy}/\eta \cong 1,7P_{wy} \quad (5.1)$$

Sposoby obliczania zasilaczy tego typu oraz transformatorów są szeroko omawiane w literaturze.

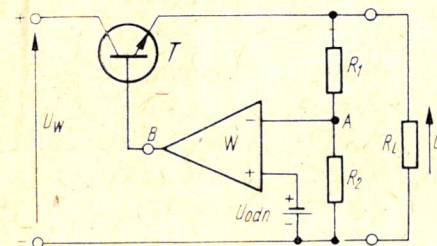
Zasilacze stabilizowane

Zasadniczą częścią zasilacza stabilizowanego jest elektroniczny stabilizator napięcia. Powinien on cechować się odpornością na impulsowy pobór prądu, charakterystyczny dla wzmacniaczy pobudzanych sygnałem muzycznym o dużej dynamice.

Najbardziej rozpowszechnionym typem stabilizatora stosowanego do zasilania wzmacniaczy mocy jest stabilizator szeregowy z pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego. Podstawowy układ takiego stabilizatora przedstawiony jest na rys. 5.2.

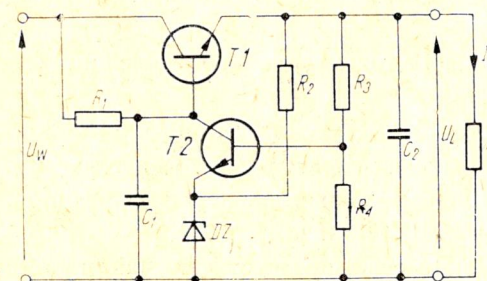
Zasada działania jest następująca: jeżeli napięcie wyjściowe wzrośnie o wartość ΔU , to potencjał w punkcie A podniesie się również o pewną wartość zależną od stosunku rezystancji R_1 do R_2 . Ponieważ napięcie odniesienia U_{odn} jest niezależne od zmian napięcia wyjściowego, wzmacniacz W zostanie

wysterowany dodatnim przyrostem napięcia w punkcie A , co spowoduje obniżenie potencjału w punkcie B (wzmacniacz W odwraca fazę sygnału). Obniżenie potencjału w punkcie B powoduje wzrost rezystancji statycznej tranzystora T , a tym samym niweluje przyrost napięcia wyjściowego.



Rys. 5.2. Podstawowy układ stabilizatora szeregowego z pętlą sprzężenia zwrotnego

Przykład prostego stabilizatora podano na rys. 5.3. Jako regulator napięcia pracuje tranzystor $T1$, a w roli wzmacniacza błęd — tranzystor $T2$. Źródłem napięcia odniesienia jest dioda Zenera DZ spolaryzowana poprzez rezystor R_2 , co zapewnia większą stałość tego napięcia. Kondensator C_1 zabezpiecza układ przed wzbudzeniami w.c.z., natomiast kondensator wyjściowy C_2 poprawia pracę stabilizatora przy obciążeniach impulsowych. Wartość



Rys. 5.3. Przykład prostego stabilizatora napięcia

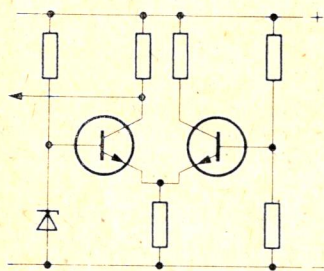
pojemności C_1 dobiera się zwykle w granicach od $1 \div 100$ nF, natomiast wartość pojemności C_2 można określić na podstawie zależności:

$$C_2 [\mu F] = I_{L \max} [A] \cdot 100 \quad (5.2)$$

Pojemność C_2 nie powinna być jednak mniejsza niż $50 \div 100 \mu F$, gdyż przy zbyt małej jej wartości może nastąpić wzbudzenie układu. Niekiedy jednak wartość pojemności C_2 przyjmuje się znacznie większą niż to wynika z przytoczonej powyżej zależności, zakładając, że w czasie impulsowego poboru prądu ładunek będzie czerpany głównie z tego kondensatora doładowywanego między impulsami. W celu poprawy stabilności termicznej układu często jako wzmac-

niaczu błędny jest stosowany jest stopień różnicowy, którego główną zaletą jest kompensacja zmian termicznych napięcia U_{BE} .

Przykład układu tego typu przedstawiony został na rys. 5.4. Również napięcie odniesienia U_{odn} wykazuje większą stałość w układzie różnicowym niż w przypadku pojedynczego stopnia, ze względu na mniejsze obciążenie prądowe.



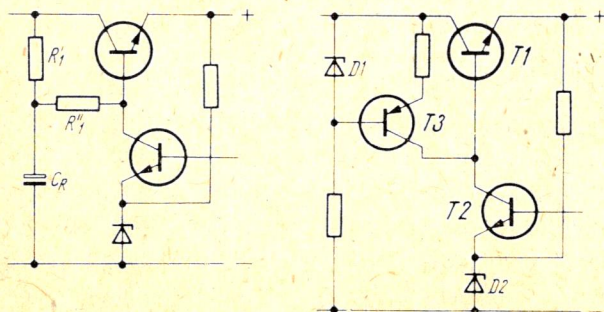
Rys. 5.4. Wzmacniacz błędny w postaci układu różnicowego

Zastosowana w układzie z rys. 5.3 polaryzacja bazy tranzystora $T1$ za pomocą pojedynczego rezystora (R_1) jest niekorzystna, ponieważ przenikają przez niego tętnienia na wyjście układu, a poza tym przyczynia się on do zmniejszenia wzmocnienia napięciowego wzmacniacza błędny, co pogarszaysterowanie tranzystora szeregowego.

Dwa najbardziej rozpowszechnione rozwiązania tego problemu przedstawione zostały na rys. 5.5.

W przypadku pierwszym (rys. 5.5a) rezystor R_1 uległ podziałowi na dwie części, a wspólny ich punkt został zablokowany pojemnością C_R . W ten sposób baza tranzystora $T1$ zasilana jest z napięcia wstępnie filtrowanego, co bardzo ogranicza tętnienie napięcia wyjściowego.

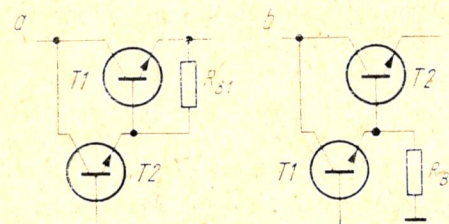
W przypadku drugim (rys. 5.5b) zastosowano źródło staoprądowe zbudowane z tranzystora $T3$. Rozwiązanie takie jest bardzo korzystne, gdyż



Rys. 5.5. Przykładowe rozwiązania polaryzacji bazy tranzystora $T1$

przy eliminacji tętnień zapewnia również lepszeysterowanie tranzystora $T1$. Poza tym łatwo uzyskać ogranicznik prądu zabezpieczający tranzystor szeregowy przed uszkodzeniem w przypadku zwarcia wyjścia stabilizatora. Przy projektowaniu stabilizatorów większej mocy niezbędne staje się zastąpienie pojedynczego tranzystora $T1$ układem Darlingtona. Spowodowane to jest stosunkowo niewielkim współczynnikiem wzmocnienia prądowego h_{21E} tranzystorów mocy przy prądzie rzędu kilku amperów. Powstaje jednocześnie problem stabilizacji termicznej złożonego układu. Główne działania skierowane jest w kierunku eliminacji wpływu prądu zerowego I_{CBO} tranzystora mocy na pracę układu.

Dwie metody przeciwdziałania wpływowi tego prądu przedstawione zostały na rys. 5.6.



Rys. 5.6. Przeciwdziałanie wpływowi prądu zerowego I_{CBO} tranzystorów mocy za pomocą dodatkowych rezystorów

Rozwiązanie z rezystancją R_{B2} jest korzystniejsze, gdyż rezystancja ta jako znacznie większa od R_{B1} wprowadza mniejsze tłumienie wzmocnienia prądowego tranzystora szeregowego. W przypadku, gdy krytyczne staje się dopuszczalne napięcie kolektor-emiter zastosowanego tranzystora mocy, wybór powinien paść na rozwiązanie z rezystancją R_{B1} , gdyż zwykle napięcie przebicia $U_{CER} > U_{CEO}$ (wpływ rezystancji R_{B2} jest w tym przypadku pomijalny).

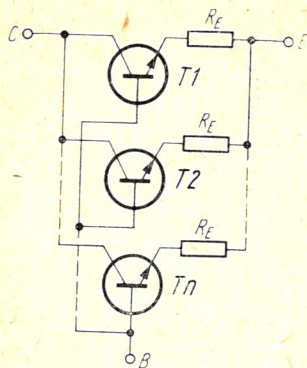
Wartości rezystancji R_{B1} i R_{B2} można określić na podstawie zależności:

$$R_{B1} = 10 \cdot \frac{U_{BET2 \max}}{I_{BT2 \max}} \quad (5.3)$$

$$R_{B2} = \frac{U_L}{I_{CBO \ T2 \ max}} \quad (5.4)$$

W przypadku konieczności dostarczenia do obciążenia większej mocy jako tranzystor szeregowy może pracować układ złożony z dwóch lub większej liczby tranzystorów (rys. 5.7).

Ze względu na rozrzut napięcia U_{BE} należy zastosować rezystancję R_E w celu zapewnienia równomiernego rozplywu prądu przez wszystkie gałęzie.



Rys. 5.7. Układ równolegle połączonych tranzystorów szeregowych

Wartość rezystancji R_E należy tak dobrać, aby przy maksymalnym poborze prądu spadek napięcia na nich wynosił około 1 V. W tym celu można posłużyć się zależnością:

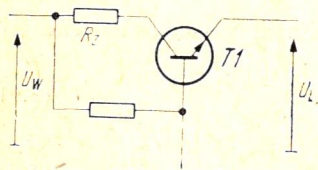
$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{n} I_{L \max}} \quad (5.5)$$

gdzie n – liczba zastosowanych tranzystorów w połączeniu równoległym.

Układy zabezpieczające stabilizatory przed przeciążeniem

Najprostszym układem zabezpieczającym stabilizator jest włączony w szereg rezystor o odpowiedniej wartości, jak przedstawiono na rys. 5.8.

Wartość rezystancji R_z należy tak dobrać, aby przy zwarciu wyjścia układu prąd zwarcia nie przekroczył maksymalnej wartości przewidzianej



Rys. 5.8. Najprostszy układ zabezpieczający przed zwarcie w postaci szeregowego rezystora

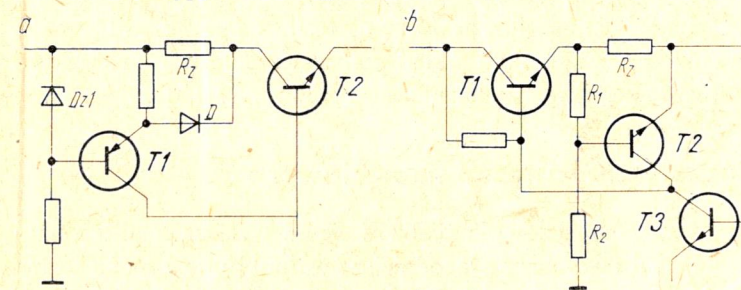
dla zastosowanego typu tranzystora szeregowego. W przybliżeniu prąd zwarcia można wyznaczyć z zależności:

$$I \cong 0,7 U_W / R_z \quad (5.6)$$

W większości przypadków ten prosty sposób nie może być stosowany z uwagi na zbyt dużą stratę mocy w rezystorze zabezpieczającym, dlatego podobnie

jak to miało miejsce we wzmacniaczach mocy, podstawowym układem zabezpieczenia jest układ elektronicznego ogranicznika prądu.

Dwa typy takich ograniczników przedstawiono na rys. 5.9.

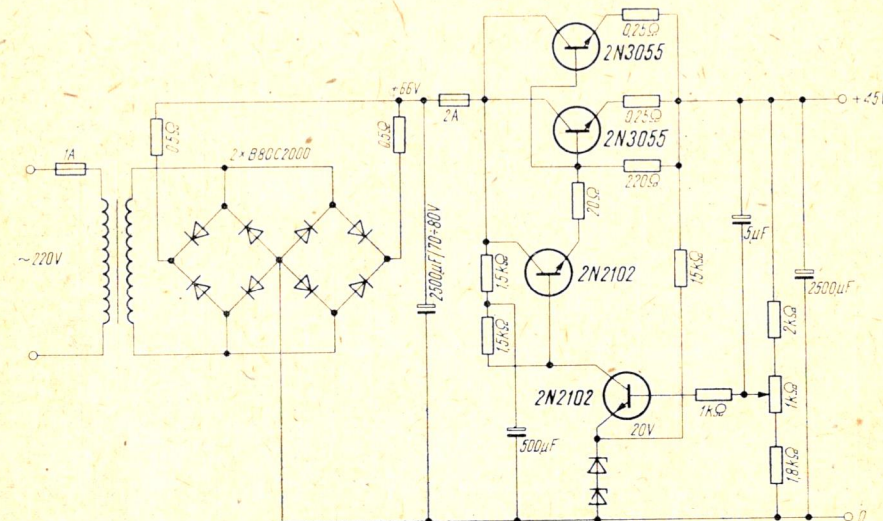


Rys. 5.9. Przykłady ograniczników prądowych
a) przy wykorzystaniu źródła prądowego, b) za pomocą dodatkowego tranzystora

W przypadku pierwszym wykorzystano źródło stałoprądowe. W sytuacji nadmiernego wzrostu prądu obciążenia spadek napięcia na rezystancji R_z polaryzuje diodę D w kierunku przewodzenia, co prowadzi do przytkania tranzystora $T1$ w układzie źródła.

Ograniczenie wydajności źródła prądowego działa bezpośrednio na ograniczenie wysterowania tranzystora szeregowego $T2$, co równocześnie zabezpiecza go przed uszkodzeniem.

Przykład zasilacza stabilizowanego przedstawiono na rys. 5.10.



Rys. 5.10. Zasilacz stabilizowany wzmacniacza stereofonicznego o mocy wyjściowej 2×40 W

Wartość prądu ograniczenia można wyznaczyć w przybliżeniu z zależności:

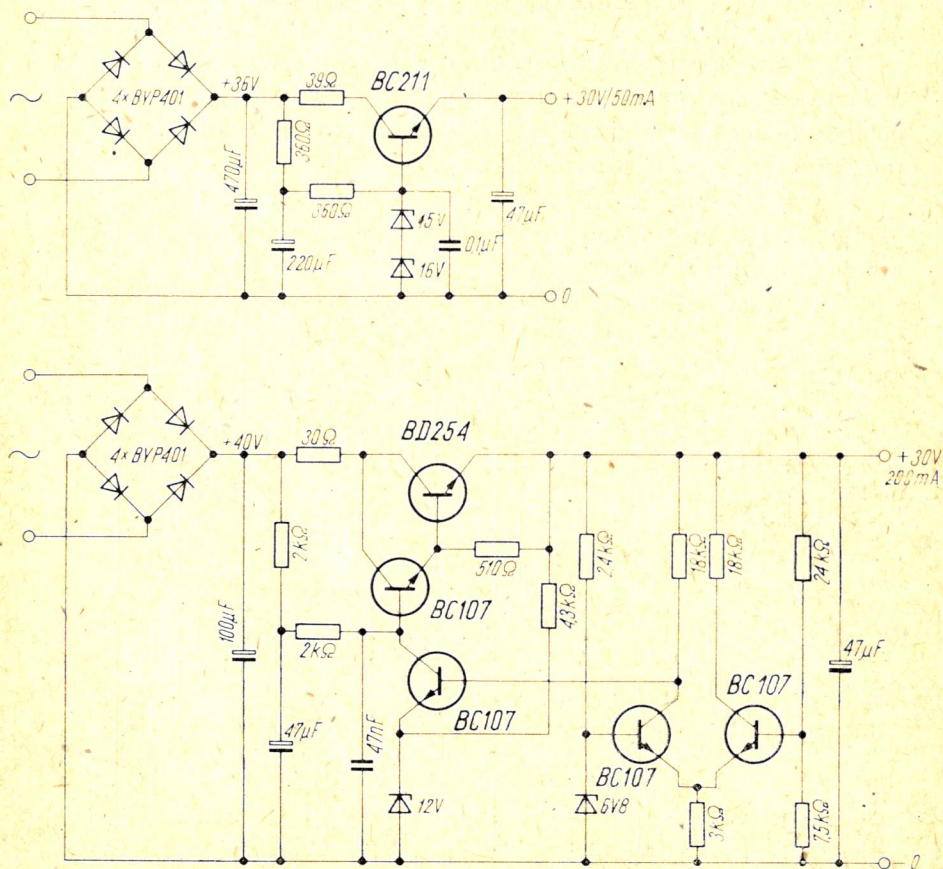
$$I_{L_{\max}} = U_{z1}/R_z \quad (5.7)$$

gdzie U_{z1} jest napięciem na diodzie Zenera $Dz1$.

W przypadku układu z rys. 5.9b układ zabezpieczenia jest analogiczny do układu zastosowanego we wzmacniaczu mocy z rys. 3.31.

5.2. Zasilacze wzmacniaczy napięciowych

Zasilacze wzmacniaczy napięciowych realizowane są wyłącznie jako układy stabilizowane. Z uwagi na znacznie łagodniejsze warunki pracy mogą to być układy znacznie prostsze niż stosowane do zasilania wzmacniaczy mocy.



Rys. 5.11. Dwa przykłady zasilaczy wzmacniaczy napięciowych

Jako element zabezpieczający stabilizator przed zwarcie wyjścia stosowany jest najczęściej rezystor o wartości $20 \div 200 \Omega$ umieszczony w kolektorze tranzystora szeregowego, jakkolwiek mogą być również stosowane układy ograniczników prądowych omówione poprzednio.

Przykłady układów stabilizatorów podane zostały na rys. 5.11.