

NA WARSZTACIE



Pod redakcją Jerzego Pietrzyka

TRANZYSTOROWY ZASILACZ STABILIZOWANY (Mgr Jacek Sawicki) — USPRAWNIAAMY MOTOROWER „KOMAR” (Romuald Bartkiewicz) — WARSZTAT TKACKI (Jerzy Pietrzyk) — ŚWIECZNIK Z METALU (Mieczysław Kostrzewa) — ELEMENTY RADIOELEKTRONIKI (Mgr inż. Witold Kozak) — GENERATOR PASÓW TV (sposób posługiwania się przyrządem)

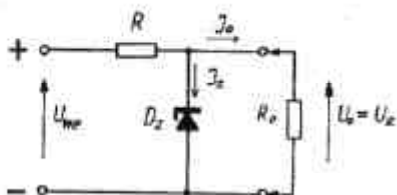
TRANZYSTOROWY ZASILACZ STABILIZOWANY

Jednym z podstawowych problemów, jaki musi rozwiązać elektronik amator przed przystąpieniem do prac konstrukcyjnych, jest zasilanie urządzeń prototypowych. Należy bowiem określić napięcie źródła zasilania i natężenie pobieranego prądu, czyli moc, jaką musi dostarczyć zasilacz. Amatorskie układy tranzystorowe zasadniczo zasilane są z baterii, rzadziej z prostowników, a tylko wyjątkowo z akumulatorów. Zasilacze prostownikowe wykorzystywane są przede wszystkim w układach o dużej mocy wyjściowej lub w wypadkach, gdy układ pracuje stale w pobliżu sieci prądu ziemnego (np. zasilacz prostownikowy do tranzystorowego zegara ciemniowego). Układy mniejszej mocy zasilane są przeważnie z baterii suchych o napięciu: 3, 4,5; 6 i 9 V lub z akumulatorów kadmowo-niklowych o małej pojemności.

Powyższe rozważania dotyczą oczywiście źródeł zasilających przeznaczo-

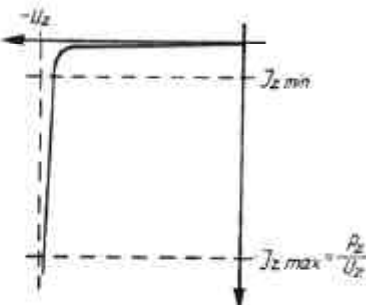
nych wyłącznie do współpracy z jednym ściśle określonym układem tranzystorowym. Sprawa przedstawia się nieco inaczej podczas prac konstrukcyjnych i doświadczalnych. W tym wypadku elektronik amator powinien dysponować zasilaczem uniwersalnym, pozwalającym na płynną zmianę napięcia zasilającego. Napięcie to nie powinno ulegać zmianom pod wpływem zmiennych rezystancji obciążenia lub pod wpływem wahań napięcia sieci elektrycznej.

Z praktyki radioamatorskiej wynika, że dla prac konstrukcyjno-doświadczalnych i do zasilania większości spotykanych obecnie odbiorników radiowych tranzystorowych wystarczy płynna zmiana napięcia od 3 V do 12 V przy natężeniu prądu od kilku do 300 mA. Wynika z tego, że moc maksymalna zasilacza powinna wynosić 3,6 W; jest ona zupełnie wystarczająca dla większości popularnych konstrukcji tranzystorowych. Zasilacz taki powinien być ma-



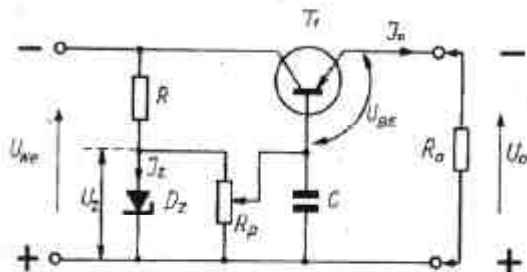
Rys. 1. Układ stabilizujący z diodą Zenera

Rys. 2. Charakterystyka wsteczna diody Zenera



ksymalnie tani i prosty w budowie. Opisany w dalszej części artykułu zasilacz stabilizowany spełnia postawione powyżej wymagania. Budowa zasilacza jest jeszcze tym atrakcyjniejsza, że można za jego pomocą zasilac zwykłe odbiorniki bateryjne wszędzie tam, gdzie jest do dyspozycji sieć prądu zmiennego 220 V, ładować akumulatory o małej pojemności elektrycznej, jak również regenerować baterie, przedłużając w ten

Rys. 3. Układ stabilizujący z regulatorem tranzystorowym



sposób ich okres pracy. Ładowanie regeneracyjne powinno trwać 3 do 4 razy dłużej niż rozładowanie eksploatacyjne, a prąd ładowania powinien być o połowę mniejszy niż prąd czerpany podczas pracy.

Zanim przejdziemy do wyjaśnienia zasady działania zasilacza modelowego, rozpatrzmy prosty układ stabilizujący z diodą Zenera, przedstawiony na rys. 1, ponieważ stanowi on podstawę działania wszystkich zasilaczy stabilizowanych.

Charakterystykę diody Zenera w kierunku zaporowym przedstawia rys. 2. Widać z niej, że po przekroczeniu pewnego napięcia (U_z), zwanego napięciem Zenera, prąd wsteczny diody gwałtownie wzrasta i może osiągnąć wartość ($I_{z,max}$); jednak dalszy wzrost tego prądu powoduje zniszczenie diody. Widać więc, że prąd Zenera ograniczony jest mocą maksymalną diody (P_z), a moc dostarczona do obciążenia (R_o) w tym układzie związana jest z mocą (P_z). Ponieważ napięcie na obciążeniu będzie równe napięciu Zenera (U_z), to dioda spełnia rolę regulatora prądu tzn. dla maksymalnego prądu obciążenia ($I_{o,max}$) prąd diody będzie minimalny, i odwrotnie, oczywiście przy stałym napięciu ($U_o = U_z$), a to właśnie chcieliśmy uzyskać. Opornik (R) służy do ograniczenia maksymalnego prądu Zenera.

W omówionym powyżej układzie nie ma jednak możliwości regulacji napięcia (U_o), którą można uzyskać przez włączenie w szereg z opornością obciążenia tranzystora mocy, tak jak to zostało pokazane na rys. 3.

W tym układzie tranzystor dzięki szeregowemu połączeniu z opornością (R_o) spełnia rolę zaworu regulującego napięcie wyjściowe (U_o). Tranzystor sterowany jest stabilizowanym napięciem odniesienia pobieranym potencjometrycznie z diody Zenera. W zależności od położenia suwaka potencjometru (R_p) baza tranzystora otrzymuje różne napięcia. Na skutek tego zmienia się prąd płynący w obwodzie kolektor-emi-

ter, a tym samym powstaje spadek napięcia na tranzystorze, a więc i zmiana (U_o). Opornik (R) ogranicza prąd Zenera, a kondensator (C) ma za zadanie wygładzenie prądu z sieciowego, który pozostał po wyprostowaniu napięcia zmiennego w prostowniku dwupołkowym. Stosowanie filtra dławikowego lub oporowego nie jest konieczne. Wystarczy kondensator o dużej pojemności.

Układ taki pozwala na utrzymanie napięcia nastawionego potencjometrem (R_p) niezależnie od zmian prądu obciążenia (I_o). Gdyby napięcie wyjściowe w pewnej chwili uległo zmniejszeniu, to napięcie (U_{BE}) musiałoby wzrosnąć, gdyż napięcie na suwaku potencjometru jest stałe (pobierane z diody Zenera). Wzrost napięcia (U_{BE}) powoduje wzrost prądu tranzystora (zmniejszenie jego oporności dynamicznej) i wyrównanie ubytku napięcia wyjściowego (U_o).

Mechanizm regulacji będzie przebiegał w odwrotnym kierunku, jeśli napięcie (U_o) powiększy się.

Ponieważ przyjęliśmy, że zasilacz powinien być maksymalnie prosty i łatwy do wykonania w warunkach amatorskich, a jednocześnie charakteryzować się wystarczającymi parametrami elektrycznymi, dlatego został wybrany układ praktyczny przedstawiony na rys. 4. Różni się on od układu z rys. 3 tym,

że roli zaworu regulującego nie spełnia bezpośrednio tranzystor T_1 , ale za jego pośrednictwem tranzystor T_2 . Tranzystor T_1 jest jakby przedwzmacniaczem prądu sterującego bazą tranzystora T_2 . Daje to pewne korzyści, między innymi tę, że dioda Zenera i potencjometr mogą być mniejszej mocy, a potencjometr ze względu na większą oporność w mniejszym stopniu obciąża diodę D_z i prostownik. Wydaje się, że dla użytku tych czytelników, którzy chcą samodzielnie dokonać pewnych zmian elementów lub wybrać inne parametry zasilacza, dobrze będzie przytoczyć przykład uproszczonego obliczenia opisywanego zasilacza modelowego.

1. Przyjmijmy minimalne napięcie stałe po prostowniku

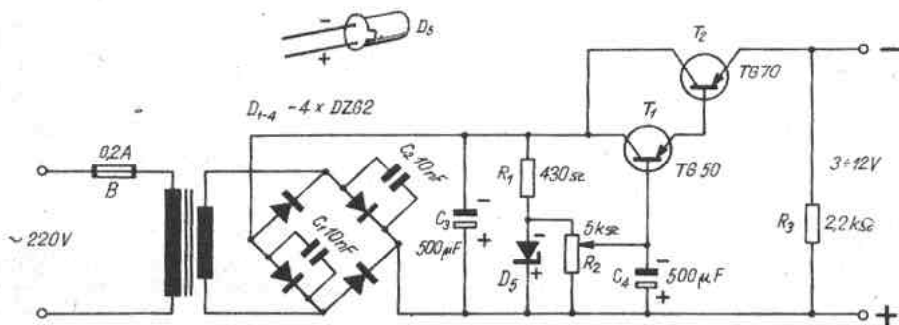
$$U_{we \min} \text{ (dla } U_s = 220 \text{ V} - 15\% \cong 190 \text{ V)} \cong 1,5 U_{o \max} = 18 \text{ V}$$

2. Maksymalne napięcie będzie odpowiednio:

$$U_{we \max} \text{ (dla } U_s = 220 \text{ V} + 10\% \cong 240 \text{ V)} \cong 22 \text{ V}$$

3. Obliczmy moc traconą w tranzystorze w najbardziej niekorzystnych warunkach, tzn. $I_{o \max}$ i $U_{o \min}$

Rys. 4. Układ praktyczny tranzystorowego zasilacza stabilizowanego



$$P_{\max} = (U_{\text{we max}} - U_{\text{o min}}) \cdot I_{\text{o max}}, \text{czyli}$$

$$P_{\max} = (22 \text{ V} - 3 \text{ V}) \cdot 300 \text{ mA} = 5,7 \text{ W}$$

Wynika z tego, że najodpowiedniejszym tranzystorem będzie TG 70, który po zastosowaniu radiatora aluminiowego (150 × 150 × 3 mm) ma taką właśnie moc strat w temperaturze otoczenia do 40°C, a maksymalny prąd kolektora $I_{\text{c max}} = 3 \text{ A}$.

4. Napięcie diody Zenera powinno wynosić

$$U_z = U_{\text{o max}} + U_{\text{BE1}} + U_{\text{BE2}}$$

gdzie: U_{BE1} i U_{BE2} są napięciami baza-emiter tranzystorów T_1 i T_2

$$U_z = 12 \text{ V} + 0,3 \text{ V} + 0,5 \text{ V} = 12,8 \text{ V}$$

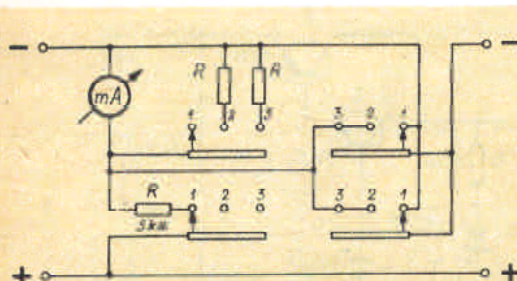
Wybieramy więc diodę BZ1C13 o rozrzucie napięcia U_z od 12,6 V do 14 V.

5. Wartość opornika R_2 należy tak dobrać, aby prąd przez niego płynący I_R był co najmniej 5–10 razy większy niż prąd bazy tranzystora T_1 . Z charakterystyki tranzystora TG70 wynika, że $I_{\text{B max}}$ powinien wynosić co najmniej 15 mA (dla $I_{\text{c}} = 300 \text{ mA}$). Uwzględniając współczynnik wzmocnienia tranzystora T_1 (TG50) określamy prąd bazy tranzystora T_1 na 0,3 mA. Czyli:

$$R_2 = \frac{U_z}{I_R} = \frac{13 \text{ V}}{3 \text{ mA}} = 4,3 \text{ k}\Omega$$

(przyjmujemy więc $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$)

Rys. 5. Schemat podłączenia miernika do pomiaru prądu i napięcia wyjściowego



POZ. PRZEL.	1	2	3
ZAKRES	15 V	30 mA	300 mA

6. Ponieważ przez opornik R_1 płynie prąd będący sumą prądów I_R i I_z , więc

$$R_1 = \frac{U_{\text{we max}} - U_z}{I_R + I_{z \max}} = \frac{22 \text{ V} - 13 \text{ V}}{3 \text{ mA} + 18 \text{ mA}} =$$

$$= \frac{9 \text{ V}}{21 \text{ mA}} = 430 \Omega$$

$$I_{z \max} = \frac{P_z}{U_z} = \frac{250 \text{ mW}}{13 \text{ V}} = 19 \text{ mA}$$

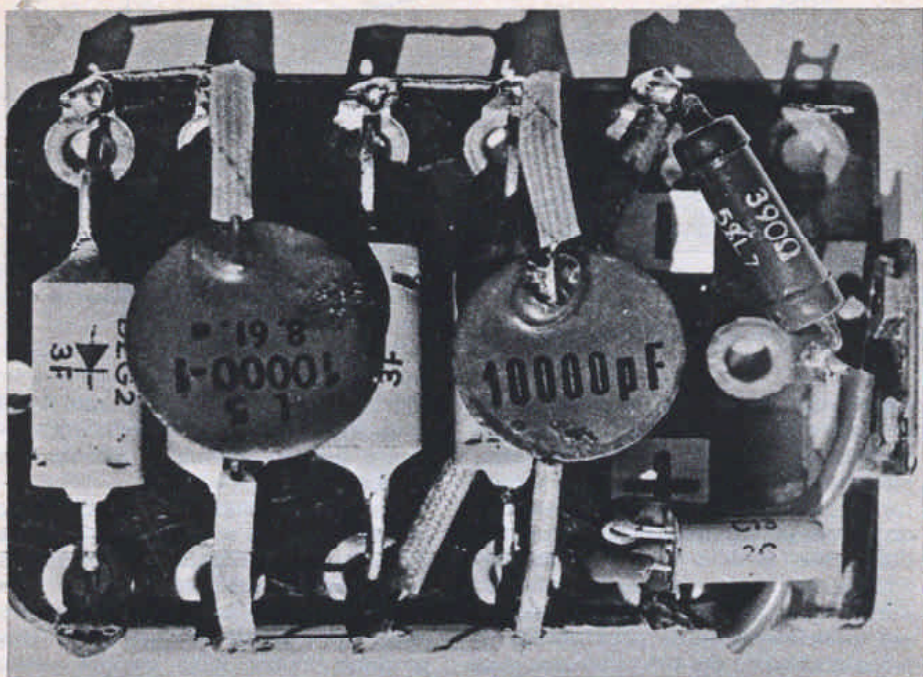
(dla bezpieczeństwa przyjmujemy $I_{z \max} = 18 \text{ mA}$). Prąd $I_{z \max}$ powinien być kilka razy większy od prądu I_R , co zostało spełnione.

Układ podany na rys. 4 można oczywiście uprościć eliminując tranzystor T_1 (baza T_2 bezpośrednio połączona z suwakiem potencjometru R_2). Łatwo wtedy obliczyć, że dioda Zenera musi mieć około 5 W mocy, a wartości oporników R_1 i R_2 ulegną zmniejszeniu (wzrośnie natomiast moc na nich wydzielana).

Na wyjściu zasilacza można oczywiście zamontować miernik do pomiaru prądu i napięcia. Na rys. 5 pokazany został sposób wykorzystania do tego celu małego miernika o czułości 3 mA (przy pełnym wychyleniu wskazówki). Przelącznik ma trzy zakresy pomiarowe, a mianowicie: jeden zakres napięciowy do 15 V, oraz dwa zakresy prądowe do 30 mA i do 300 mA. Jako przelącznik można wykorzystać przelącznik zakresu fal od dowolnego odbiornika radiowego. Dwa komplety styków zostały połączone równolegle dla zwiększenia obciążalności prądowej.

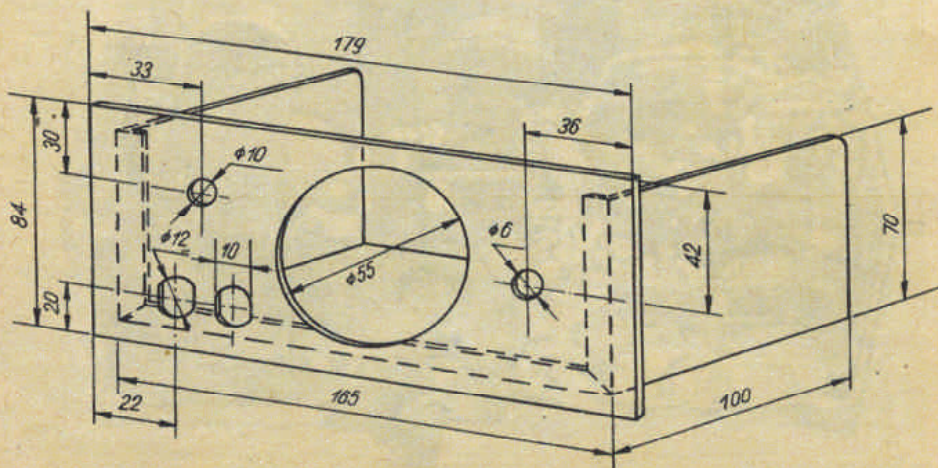
Pomiar napięcia nie jest w zasadzie konieczny, ponieważ wystarczy jednocześnie wyskalowanie położenia galki potencjometru bezpośrednio w voltach. Oporniki bocznikujące dla zakresów prądowych i opornik szeregowy dla zakresu napięciowego należy dobrać eksperymentalnie.

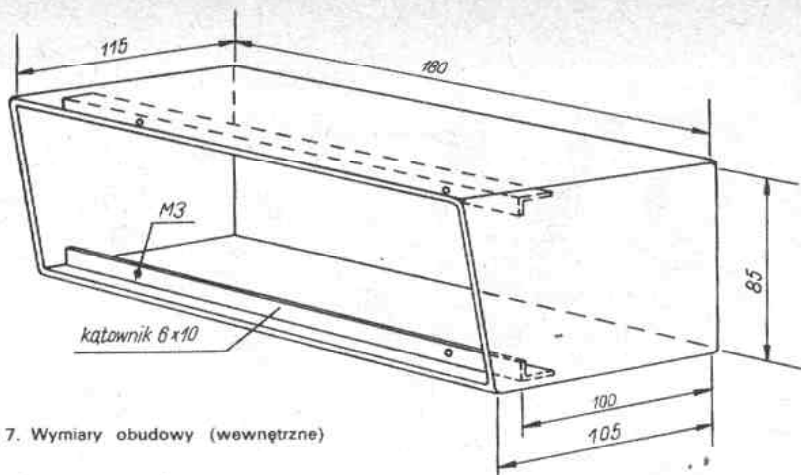
Budowę należy rozpocząć od transformatora sieciowego i prostownika. Ze względu na najprostszą konstrukcję



Fot. 1. Konstrukcja płytki prostownika

Rys. 6. Wymiary chassis zasilacza





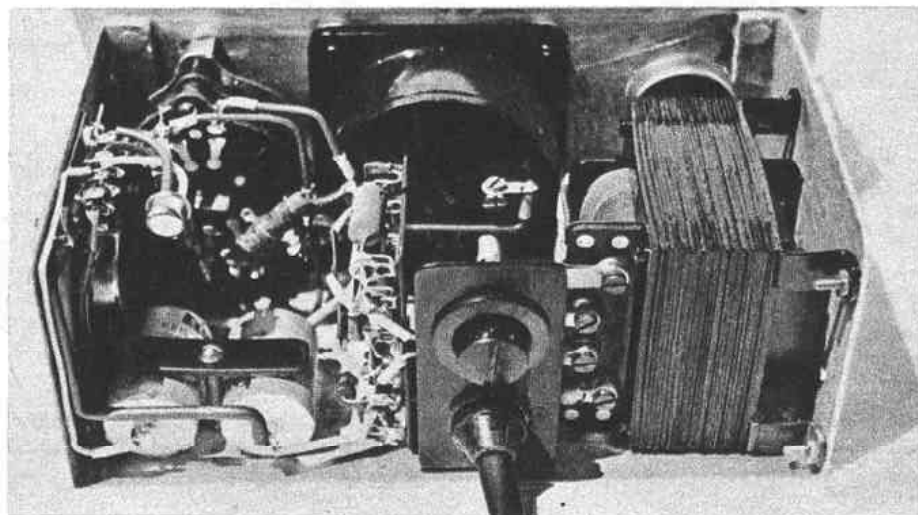
Rys. 7. Wymiary obudowy (wewnętrzne)

transformatora został wybrany prostownik w układzie Graetz. Transformator ma wtedy tylko dwa uzwojenia: pierwotne i wtórne. Parametry transformatora można dobrać odpowiednio do wymagań, tzn. dla większych prądów obciążenia średnice drutów powinny być większe, a dla mniejszych odpowiednio mniejsze. Dla przykładowym, gdzie prąd obciążenia może dochodzić do 400 mA, uzwojenia są następujące: Uzwojenie pierwotne:

220 V — drut o średnicy 0,2 mm—1600 zwojów, a uzwojenie wtórne: 16 V — drut o średnicy 0,6 mm — 125 zwojów. Przekrój rdzenia — 5 cm².

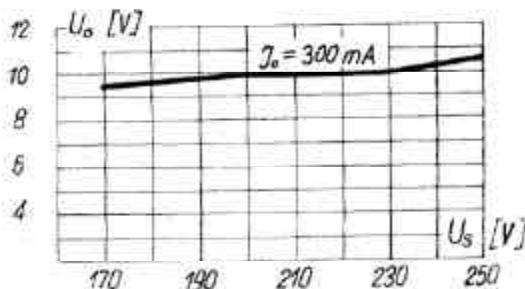
Jeżeli prąd obciążenia nie będzie przekraczał 100 mA, to można wykorzystać dowolny transformator od głośnika radiowęzłowego lub radiowego o przekroju środkowej kolumny rdzenia około 3,6 cm². Wtedy uzwojenie pierwotne powinno mieć 3500 zwojów drutu o \varnothing 0,1 mm, a wtórne 270 zwojów drutu

Fot. 2. Wnętrze zmontowanego zasilacza



o $\varnothing 0,35$ mm. Uzwojenia nawijamy oczywiście drutem nawojowym miedzianym emaliowanym. Wielkość napięcia zmiennego uzwojenia wtórnego powinna być o 30% większa od napięcia stałego $U_{0\max}$.

Diody prostownicze oraz kondensatory C_1 i C_2 umieścimy na jednej płytce bakelitowej lub tekstolitowej o grubości 1–2 mm (fot. 1). Kondensatory blokujące diody prostownicze mają na celu zapobieżenie powstaniu ewentualnego przydźwięku w zasilanym odborniku radiowym na skutek modulacji diodowej pod wpływem silnej radiostacji miejscowej. Tranzystor T_2 , transformator i kondensatory C_3 – C_4 przykręcimy bezpośrednio do chassis zasilacza. Korpus kondensatora C_4 należy odizolować od „masy”. W związku z tym do „masy” powinien być dołączony ujemny biegun prostownika, co jest bardzo korzystne ze względu na brak izolacji między kolektorem tranzystora mocy a „masą” zasilacza i wpływa w ten sposób na polepszenie chłodzenia tranzystora. Chassis wykonane jest z blachy aluminiowej o grubości od 1,5 do 3 mm, zgodnie z rys. 6. Na płycie czołowej znajdują się otwory dla gniazdek wyjściowych,

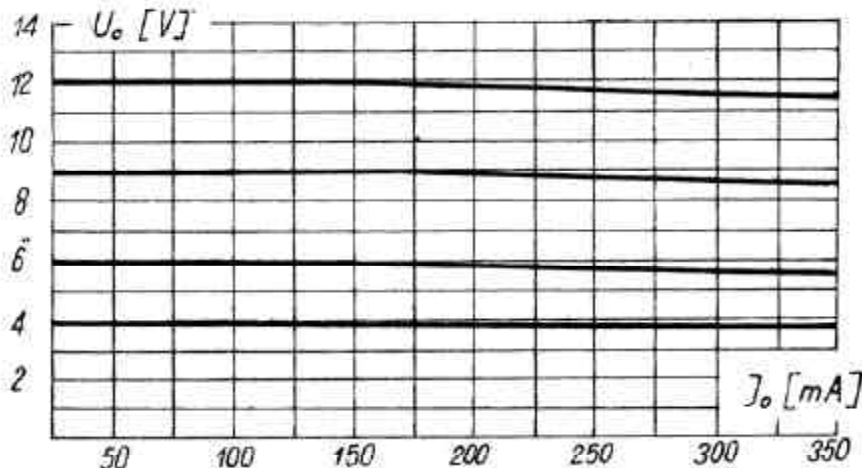


Rys. 8. Zależność napięcia wyjściowego od napięcia sieciowego

wych, potencjometru, miernika magneto-elektrycznego oraz przełącznika zakresów. Oprawka bezpiecznika rurkowego umieszczona jest na tylnej ścianie zasilacza.

Napisy na płycie czołowej można wykonać fotograficznie i nakleić lub podłożyć pod przezroczystą płytkę z pleksiglasu, polistyrenu lub celuloidu. Wymiary obudowy zasilacza przedstawione zostały na rys. 7. Materiałem może być blacha aluminiowa grubości 2 mm, sklejka lub tworzywo sztuczne o odpowiedniej sztywności mechanicz-

Rys. 9. Zależność napięcia wyjściowego od obciążenia



nej. Pokrętko potencjometru i przełącznika zakresów można wykonać samodzielnie w sposób podany w „M.T” (nr 4/70). Widok ogólny wnętrza zmontowanego zasilacza przedstawiony jest na fot. 2.

Na zakończenie warto przytoczyć najważniejsze charakterystyki zasilacza doświadczalnego, obrazujące jego stabilność. Na rys. 8 widać zależność napięcia wyjściowego od zmiany napięcia sieciowego dla maksymalnego prądu i napięcia, a na rys. 9. zależność napięcia wyjściowego od obciążenia.

Mgr Jacek Sawicki

Spis literatury pomocniczej:

1. A. Fejfer „Tranzystorowe zasilacze stabilizowane”
„Radioamator i krótkofalowiec” nr 1, str. 3, 1966 r.
2. J. Justat „Zasilacze sieciowe do odbiorników tranzystorowych”
„Radioamator i krótkofalowiec” nr 1, str. 7, 1968 r.
3. L. Widomski „Radioamatorskie tranzystorowe przyrządy pomiarowe”
WKiŁ, Wa-wa 1966 r.

Spis elementów

Oporniki

R_1 —390—430 Ω , 0,5 W.

R_2 —5 k Ω , 0,25 W, potencjometr

PŪ-101—A

R_3 —2,2 k Ω , 0,25 W

Kondensatory

C_1 — C_2 —10nF dyskowe

C_3 — C_4 —500 μ F (25 V elektrolityczne)

Elementy półprzewodnikowe

D_1 — D_4 —diody DZG2

T_1 —tranzystor TG50—53

T_2 —tranzystor TG70—73

D' —diody Zenera BZ1C13