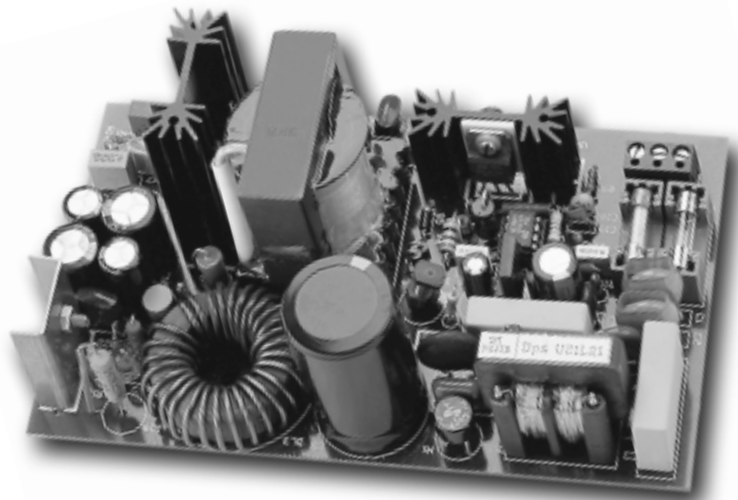


Zasilacz impulsowy do transceivera FM

kit AVT-472



Prezentowany zasilacz impulsowy średniej mocy został skonstruowany specjalnie do zasilania urządzeń radiokomunikacyjnych FM mobile średniej mocy (8A). Rozbudowane układy filtrów i zabezpieczeń powinny przełamać barierę niechęci do takiego sposobu zasilania, a użycie popularnych elementów oraz taniego i łatwego do kupienia kontrolera powinno podziałać mobilizująco nawet na chronicznych malkontentów.

Opis układu

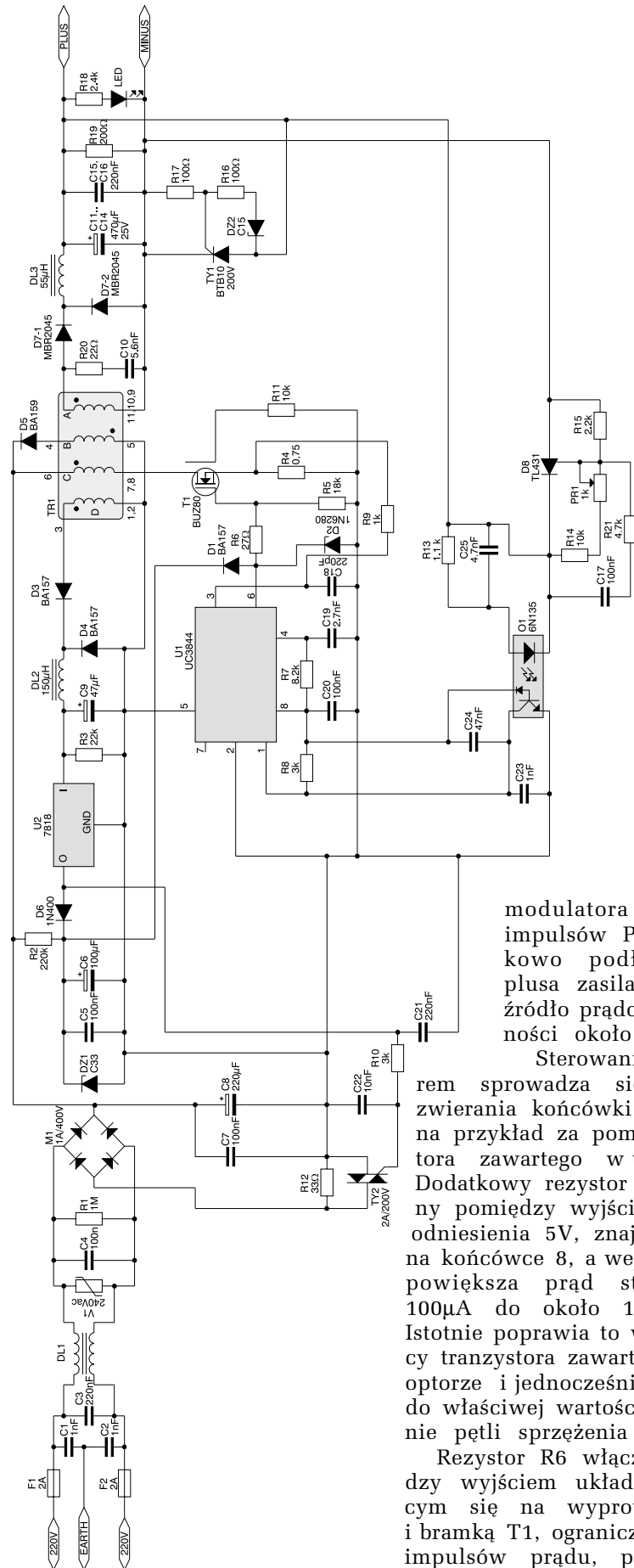
Schemat elektryczny zasilacza przedstawiono na **rys. 1**. Na wejściu zasilacza został zastosowany klasyczny układ filtru przeciwnakłócenieniowego z kondensatorami C1 i C2 tłumiącymi składową niesymetryczną zakłóceń, oraz kondensatorami C3 i C4 i skompensowanym prądowo dławikiem DL1, tłumiącymi składową symetryczną.

Prawidłowe i skuteczne działanie filtru wymaga podłączenia zasilacza do sieci trójżyłowym kablem, oczywiście do gniazdka z bolcem uziemiającym. Umieszczone w obu przewodach sieciowych bezpieczniki dają gwarancję bezpieczeństwa użytkownika, przy obu kombinacjach podłączenia przewodu fazowego i zerowego do układu.

Rezystor R1 zabezpiecza przed porażeniem przy dotknięciu wtyczki sieciowej, a opcjonalnie montowany warystor zabezpiecza układ zasilacza przed przepięciami pojawiającymi się w sieci. Wyprostowane napięcie sieciowe jest filtrowane za pomocą kondensatorów C7 i C8. Szeregowo włączony z mostkiem prostowniczym rezystor R12 skutecznie łagodzi impuls prądu w momencie włączenia układu do sieci. Podczas normalnej pracy moc tracona w tym oporniku powinna być jak najmniejsza, dlatego po starcie przetwornicy rezystor ten jest zwierany przez triak TY2.

Włączenie zasilania powoduje przepływ prądu przez R2 i ładowanie kondensatora C6. Po osiągnięciu 16V przetwornica startuje, tzn. kontroler U1 korzystając z energii zgromadzonej w C6 uruchamia tranzystor kluczujący. Zaindukowane w uzwojeniu „D” napięcie, po wyprostowaniu w układzie prostownika D3 i D4 oraz odfiltrowaniu przez dławik DL2 i kondensator C9, służy do zasilania kontrolera podczas pracy. Ponieważ przy zmianach prądu obciążenia napięcie na C9 zmienia się w dosyć szerokich granicach, został zastosowany trójkońcówkowy stabilizator U2. Dzięki niemu kontroler jest zasilany napięciem stabilizowanym, co zdecydowanie pozytywnie wpływa na pracę układu *totem-pole* sterującego bramką T1. Dodatkowa dioda D6 rozdziela niskoprądowy obwód startowy od zasilacza z U2, a poprzez rezystor R10 płynie prąd bramki triaka TY2. Dioda Zenera DZ1 zapobiega wzrostowi napięcia na kondensatorze C6 przy ewentualnym uszkodzeniu kontrolera przetwornicy U1 (lub wyjęciu go z podstawki).

Układ UC3844 pracuje z wyłączonym wewnętrznym wzmacniaczem napięcia błędów, co jest realizowane poprzez zwarcie końcówki 2 do masy (wejście odwracające). Na wyprowadzeniu 1 jest dostępne bezpośrednio wejście



Rys. 1. Schemat elektryczny zasilacza.

modulatora szerokości impulsów PWM, dodatkowo podłączone do plusa zasilania poprzez źródło prądowe o wydajności około 100µA.

Sterowanie modulatorem sprowadza się więc do zwierania końcówki 1 do masy, na przykład za pomocą tranzystora zawartego w transoptorze. Dodatkowy rezystor R8, włączony pomiędzy wyjściem napięcia odniesienia 5V, znajdującym się na końcówce 8, a wejściem PWM powiększa prąd sterujący ze 100µA do około 1 miliampera. Istotnie poprawia to warunki pracy tranzystora zawartego w transoptorze i jednocześnie zmniejsza do właściwej wartości wzmocnienie pętli sprzężenia zwrotnego.

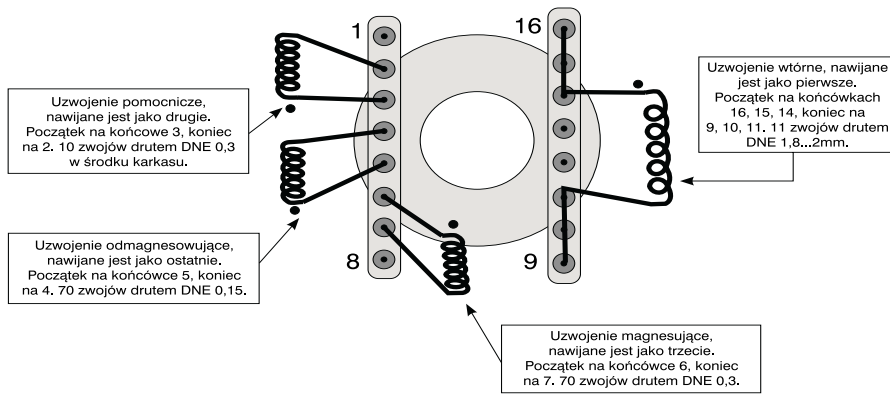
Rezystor R6 włączony pomiędzy wyjściem układu, znajdującym się na wyprowadzeniu 6 i bramką T1, ogranicza amplitudę impulsów prądu, przeładowujących pojemność bramka - źródło

T1, do wartości bezpiecznej dla kontrolera, zaś diody D1 i D2 utrudniają uszkodzenie układu U1 przy ewentualnym spaleniu się klucza T1. Włączony pomiędzy dren T1 a masę rezystor dostarcza kontrolerowi informacji o płynącym w obwodzie pierwotnym prądzie. Częstotliwość pracy przetwornicy wynosi 45kHz i wyznacza ją stała czasowa elementów R7 i C19.

Przetransformowany do obwodu wtórnego prąd jest prostowany i filtrowany w charakterystycznym dla przetwornicy *forward* układzie diod, dławika i kondensatora. Dwójnik R20 i C10 eliminuje impulsy szpilkowe powstające na diodach przy przełączaniu (są one źródłem silnych zakłóceń). Wielkość tętnień w napięciu wyjściowym zależy w dużej mierze od wartości szkodliwej rezystancji szeregowej kondensatora wyjściowego (ESR) i dlatego w układzie zastosowano cztery równolegle połączone kondensatory. Istotnie zmniejsza to efektywny ESR układu.

Rezystor R10 realizuje minimalne obciążenie układu - zasilacz, jak każdy impulsowy, nie pracuje stabilnie bez obciążenia. Ponieważ w R10 wydziela się moc około 1 wata, to zamiast niego można użyć żarówki 12V/1,2W i wykorzystać ją np. jako kontrolkę zasilania zamiast tradycyjnej diody LED.

Wzmacniaczem napięcia błędu jest wzmacniacz operacyjny zawarty w strukturze regulowanej diody Zenera TL431. Rezystory R14 i R15 wraz z potencjometrem PR1 decydują o wielkości napięcia wyjściowego zasilacza, zaś R13 ogranicza maksymalny prąd diody LED zawartej w transoptorze. Kondensator C25 oraz dwójnik C17-R21 są elementami kompensacji pętli sprzężenia zwrotnego. Izolację galwaniczną na drodze sygnału sterującego modulatorem szerokości impulsu zapewnia układ szybkiego transoptora 6N135 zawierającego szybką parę fotodiody - tranzystor zamiast wolnego fototranzystora. Autor miał szczerą chęć zastąpienia tego elementu innym popularnym i tanim transoptorem CNY17-1, jednak eksperymenty pokazały, iż nie nadaje się on do takich zastosowań.



Rys. 2. Sposób wykonania transformatora TR1.

Elementy indukcyjne

Najmniejszy problem jest z dławikami, gdyż zarówno przeciwzłóceniowy DL1 jak i pomocniczy DL2 można kupić gotowe, a dławik wyjściowy nawinąć jest bardzo łatwo. Potrzebne będą: rdzeń kubkowy M36/22 z materiału F2001 o stałej $\text{Al}=630$ wraz z karkasem-szpulką. Na karkasie trzeba nawinąć ciasno 9 zwojów drutu - miejsca jest sporo i uzwojenie powinno się zmieścić bez problemów. Nawinięte uzwojenie należy nasycić odpornym na podwyższoną temperaturę klejem, np. Distal Rapid, tak aby całość była stabilna mechanicznie. Na końce uzwojenia trzeba koniecznie założyć koszulki igielitowe i tak przygotowaną cewkę, po okręceniu jeszcze warstwą taśmy izolacyjnej, trzeba wsunąć w połówki kubka.

Jakim przewodem zostanie nawinięty dławik zależy głównie od tego co posiadamy. Istotne jest aby przekrój sumaryczny przewodu był nie mniejszy niż 2mm^2 . Można więc nawinąć uzwojenie pojedynczym drutem 1,6..1,7mm lub (jak zrobił autor) pięcioma drutami 0,7mm jednocześnie.

Do wykonania transformatora TR1 (rys. 2) potrzebny będzie rdzeń ETD44 i karkas. Nawijanie rozpoczyna się od uzwojenia wtórnego „A”. Zaczynamy od końcówki 14 i ściśle nawijamy 11 zwojów drutem o średnicy 1,8..2mm. Całość musi zmieścić się w jednej warstwie, a koniec tymczasowo należy wyprowadzić przez otwór wywiercony uprzednio w górnej ścianie karkasu. Nawinięte uzwojenie należy starannie zaizolować grubą warstwą folii styroflexowej lub podobnej (ale nigdy nie miękką i elastyczną taśmą).

Jako następne nawija się uzwojenie „D”. Liczy ono jedynie 10 zwojów i do nawinięcia wystarczy cienki drut o średnicy około 0,3mm. Zaczynamy od końcówki 3, a kończymy na 2 (uzwojenie nawija się pośrodku karkasu). Dalej izolacja i uzwojenie „C”. Start na 6, koniec na 7, 70 zwojów drutem 0,5mm w trzech lub czterech izolowanych warstwach. Z uwagi na możliwość przebić, nie wolno nawijać przewodu od ścianki karkasu do ścianki - musi zostać odległość dystansowa około 3..5mm. Ostatnie uzwojenie „B” nawija się cienkim przewodem o średnicy około 0,15mm, zaczynając od końcówki 5, a kończąc na 4. Nawijamy również 70 zwojów, w dwóch izolowanych warstwach.

Podczas nawijania nie żałujmy izolacji. Miejsca jest sporo i wszystkie uzwojenia mieszczą się bezproblemowo. Grube warstwy izolacyjne nie tylko polepszają bezpieczeństwo użytkownika zasilacza, ale również ułatwiają układanie uzwojeń wyrównując powstałe garby. Z tego samego powodu można też każdą warstwę impregnować cienką warstwą żywicy epoksydowej (rzadkiej).

Wystający przewód uzwojenia wtórnego należy obecnie zagiąć i podłączyć (na zewnątrz) do końcówki 10. Ponieważ nie jest łatwo przymocować i przylutować gruby drut do cienkiego wyprowadzenia karkasu, można wyrwać tę cienką nóżkę, rozwiąć otwór w karkasie pozostały po niej i przewlec przez niego drut uzwojenia wtórnego tak, aby udawał wyprowadzenie lutownicze karkasu.

W zmontowaną cewkę wkładamy rdzeń, owijamy go ściśle taśmą izolacyjną i kontrolujemy indukcyj-

ność uzwojenia „C”. Powinna ona wynosić około 16mH. Gdy zasilacz zostanie uruchomiony, rdzeń trzeba porządnie skleić, a taśmę zdjąć.

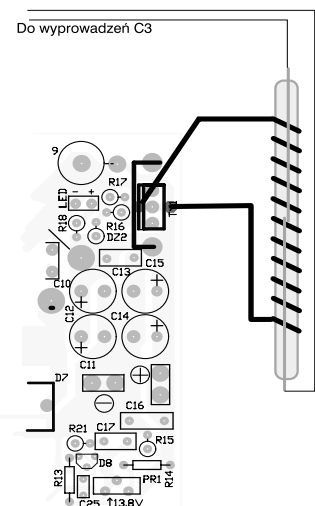
Jeśli dysponujemy cienką folią miedzianą i nawijanie nie stanowi dla nas problemu, to warto pokusić się o wykonanie ekranu pomiędzy uzwojeniem wtórnym a pierwotnym. Przypomnę tylko, iż nie może on tworzyć zwartego zwoju i musi być z obu stron porządnie zaizolowany. Ekran podłączamy do wyprowadzenia nr 1 karaku.

Układy zabezpieczeń

Aby ze spokojem zasilać drogi fabryczny transceiver z jakiegokolwiek zasilacza sieciowego, trzeba mieć pewność, iż nawet w ekstremalnych warunkach nie uszkodzi on radia. Ta uwaga w sposób szczególny dotyczy zasilaczy impulsowych, gdyż jest możliwe takie ich uszkodzenie, że napięcie wyjściowe wzrośnie znacznie powyżej dopuszczalnych wartości.

Przykładowo niech uszkodzeniu ulegnie któryś z elementów pętli sprzężenia zwrotnego, np. R13, R15. Przerwa w tych rezystorach spowoduje, iż kontroler przez cały czas będzie pracował z maksymalnym współczynnikiem wypełnienia 50% i napięcie wyjściowe przy małym obciążeniu osiągnie nawet 25V!

Konieczne jest więc wbudowanie w układ skutecznych zabezpieczeń. Ponieważ elementy zabezpieczające też mogą ulec uszkodzeniu, należy dążyć do tego, aby układ zabezpieczenia był maksymalnie prosty i skuteczny. Prezentowany zasilacz dysponuje ograni-



Rys. 3. Sposób podłączenia przekaźnika kontaktronowego.

czeniu maksymalnego prądu oddawanego do obciążenia i zabezpieczeniem bezpiecznikowym przed niekontrolowanym wzrostem napięcia na wyjściu powyżej 15V.

Kontrola wartości prądu płynącego przez uzwojenie wtórne jest dokonywana po stronie pierwotnej poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze R4. Dzięki takiemu włączeniu unika się konieczności wtrącania w obwód wtórny rezystorów pomiarowych oraz, co jest nawet ważniejsze, nie ma problemu z separacją galwaniczną tego sygnału. Podana na schemacie wartość $0,75\Omega$ zapewnia ograniczenie na poziomie około 10A.

Jeśli napięcie na wyjściu zasilacza wzrośnie powyżej 15V, zaczyna płynąć prąd w gałęzi R16, R17 i DZ2. Zaczyna płynąć również prąd bramki tyrystora TY1, co powoduje zwarcie przez niego wyjścia zasilacza. Napięcie na przewodzącym tyrystorze jest rzędu wolta. Tak silne stłumienie obwodu wtórnego przenosi się również do uzwojenia „D”, kasując zasilanie z niego kontrolera i zatrzymując pracę zasilacza. Po krótkiej chwili układ ponownie próbuje się uruchomić i cały proces się powtarza.

O ile zwarcie zacisków wyjściowych nie jest zjawiskiem szczególnym lub niebezpiecznym, o tyle wzrost napięcia na wyjściu powyżej 15V i zadziałanie tyrystora jest praktycznie pewnym dowodem, że układ uległ uszkodzeniu lub działa niestabilnie.

Dlatego proponuję wbudowanie do układu niezwykłego prostego i jednocześnie skutecznego bezpiecznika. Pomiędzy masę a katodę TY1 należy włączyć przekaźnik kontaktronowy wykonany według rys. 3. Do jego wykonania będzie potrzebna „rurka” na napięcie pracy 220V, drut o średnicy około 1mm i izolacja z tworzywa sztucznego.

Zadziałanie tyrystora i związa-

ny z tym przepływ prądu przez cewkę kontaktronu spowoduje chwilowe zwarcie jego zestyków. Użycie drutu w dobrej izolacji i staranne wykonanie przekaźnika pozwala na podłączenie zestyków do części pierwotnej układu - autor podłączył je po prostu równolegle do kondensatora C3. Awaria powoduje więc natychmiastowe spalanie się bezpieczników F1 i F2, co trwałe unieruchamia układ.

Prostota tego zabezpieczenia ma również i wady - nie należy łudzić się, że po dokonaniu zwarcia w sieci energetycznej zestyki kontaktronu będą jeszcze działać, lepiej jednak kupić i wymienić kontaktron niż transceiver.

Montaż i obudowa

Montaż układu jest typowy i nie nastęrcza trudności. Widok ścieżek przedstawiono na wkładce wewnątrz numeru, a rozmieszczenie elementów na rys. 4.

Ze względów praktycznych układ U1 powinien być umieszczony w podstawce. Nieco uwagi należy jedynie poświęcić na staranne i dokładne odizolowanie od radiatora tranzystora T1. Nie grzeje się on silnie, biorąc więc pod uwagę, iż szczytowe napięcie na nim przekracza 700V, trzeba zastosować dość grubą i szeroką przekładkę, najlepiej silikonową. Radiator T1 został połączony z masą poprzez rezystor R11. W razie gdy-

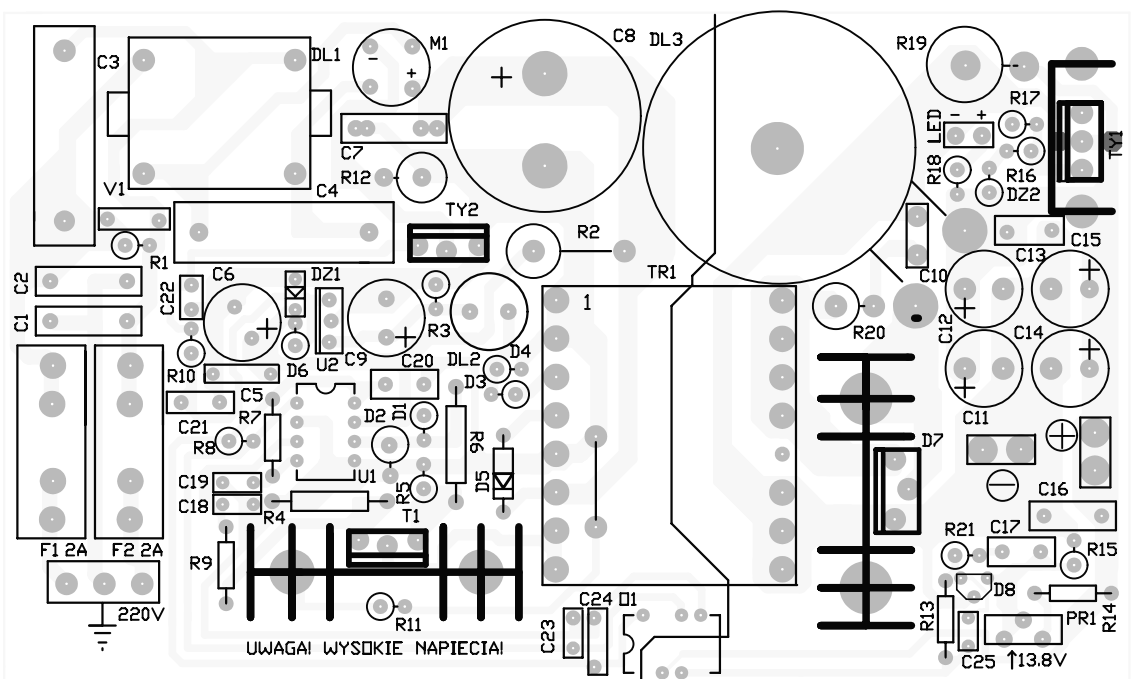
by nastąpiło przebicie pomiędzy tranzystorem a radiatorem, rezystor ten natychmiast się spali, zasilacz zaś powinien nadal działać. R11 jest zatem w omawianym układzie bezpiecznikiem, a izolowanie drewnu T1 od radiatora ma za zadanie przede wszystkim zmniejszenie zakłóceń generowanych przez układ.

Diodę D7 należy przymocować do radiatora bez przekładki, smarując miejsce styku pastą silikonową. Podczas pracy z pełnym obciążeniem w tym elemencie wydziela się znaczna moc (około 7W) i dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na dobrą jakość powierzchni stykowych i silny docisk diody.

Omawiany układ był konstruowany do zasilania transceivera. W takim przypadku duży pobór mocy występuje tylko podczas nadawania, można więc zastosować mniejsze radiatory (krótsze profile) i wentylator sterowany termostatem.

Dławik wyjściowy jest mocowany bezpośrednio do płytki „na leżąco”. Rdzeń należy umocować za pomocą śruby M4, konieczne zakończonej od góry szerokimi podkładkami: metalową (zewnętrzną) i gumową od rdzenia. Śrubę tę trzeba dobrze dokręcić, aby połówki kubka pewnie i ściśle do siebie przylegały. Nie wolno jednak przesadzić, bo rdzeń jest kruchy i pęknie.

Zaproponowane powyżej zabez-



pieczenie bezpiecznikowe na kontaktronie jest opcjonalne i na płycie drukowanej nie ma miejsca dla tego elementu, przewidziane zostały jednak pola lutownicze pozwalające zamocować ten element w powietrzu ponad płytką. Z punktu widzenia jakości izolacji nie jest to rozwiązanie złe. Elementem opcjonalnym jest również warystor V1 - montaż tego elementu poprawia odporność zasilacza na przepięcia, jakie mogą pojawić się w sieci. Gotowy zasilacz powinien zostać umieszczony w przewiewnej, metalowej obudowie

Uruchomienie

Szybkie i bezproblemowe uruchomienie zasilacza zależy przede wszystkim od jakości użytych elementów, a szczególnie poprawnego wykonania transformatora TR1.

Zaczynamy od wyjęcia kontrolera U1 z podstawki, następnie przez bezpiecznikowy rezystor o rezystancji około $100\Omega/2W$ podajemy na wejście zasilacza napięcie sieci. Nic złego nie powinno się zdarzyć, napięcie na kondensatorze C6 powinno być zbliżone do 33V, na C8 oczywiście powinno być około 310V.

W drugim kroku, po odłączeniu sieci, do wyjściowych zacisków zasilacza podłączamy zasilacz warsztatowy o regulowanym napięciu i z funkcją ograniczenia prądu zwarcia. Równolegle do rezystora R13 należy podłączyć woltomierz i powoli zwiększać napięcie z zasilacza. Aż do momentu, gdy podawane napięcie osiągnie próg zadziałania TL431 (12..14V, w zależności od tolerancji elementów i położenia PR1), wskazywane przez woltomierz napięcie powinno być bliskie zera. Przy dalszym zwiększaniu napięcia z zasilacza wskazania miernika powinny zacząć szybko rosnać, co świadczy o prawidłowej pracy wzmacniacza napięcia błędu. Dalsze zwiększenie napięcia z zasilacza warsztatowego pozwala sprawdzić poprawność pracy układu zabezpieczającego przed nadmiernym wzrostem napięcia na wyjściu.

W trzecim kroku, do wyjścia zasilacza podłączamy żarówkę samochodową 12V/21W, wkładamy U1 w podstawkę, a zasilacz warsztatowy ustawiony na napięcie 20..24V przyłączamy bezpośrednio

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(o mocy 0,125W o ile nie podano inaczej)

R1: 1M Ω
 R2: 220k $\Omega/1W$
 R3: 22k Ω
 R4: 0,75 $\Omega/1W$ bezindukcyjny
 R5: 18k Ω
 R6: 27 $\Omega/0,5W$
 R7: 8,2k Ω
 R8, R10: 3k Ω
 R9: 1k Ω
 R11, R14: 10k Ω
 R12: 33 $\Omega/5W$
 R13: 1,1k Ω
 R15: 2,2k Ω
 R16, R17: 100 Ω
 R18: 2,4k $\Omega/0,5W$
 R19: 200 $\Omega/2W$ (lub żarówka 12V minimum 1,2W)
 R20: 22 $\Omega/2W$
 PR1: wieloobrotowy ze śrubą u góry, 1k Ω , wyprowadzenia "w trójkącie"

Kondensatory

C1, C2: 1nF/630V, ceramiczny
 C3, C4: 220nF/400V typ KMP-10
 C5: 100nF/63V
 C6: 100 μ F/40V
 C7: 100nF/400V
 C8: 220 μ F/350V
 C9: 47 μ F/63V
 C10: 5,6nF/250V ceramiczny
 C11..C14: 470 μ F/25V, niski ESR
 C15, C16: 220nF/63V
 C17, C20: 100nF/63V
 C18: 220pF/63V
 C19: 2,7nF/63V foliowy
 C21: 220nF/63V
 C22: 10nF/63V
 C23: 1nF/63V
 C24: 47nF/63V

C25: 4,7nF/63V foliowy

Półprzewodniki

M1: mostek okrągły 1A/400V
 DZ1: dioda Zenera 33V
 DZ2: dioda Zenera 15V
 D1, D3..D5: BA159
 D2: 1N6280 (dioda Zenera 20..24V dużej mocy)
 D6: BYP401/100
 D7: MBR2045CT (TO-220)
 D8: TL431 (TO-92)
 T1: BUZ80, BUK 456-800 (TO-220)
 U1: UC3844
 U2: 7818 stabilizator 3-końcówkowy
 O1: 6N135
 TY1: BTA16-600 (TO-220) lub podobny
 TY2: TIC225 (TO-220) lub podobny

Różne

F1, F2: bezpieczniki zwłoczne 2A/250V i oprawki do druku
 DL1: dławik przeciwzakłócenia DpsU21L21 (Polfer)
 DL2: dławik 150 μ H/0,5A np. DSp70.10-151K lub DEp10.12-151K (Polfer)
 DL3: dławik 55 μ H na rdzeniu kubkowym M36/22 F2001 Al=630 (Polfer), uzwojenie według opisu w tekście
 TR1: transformator impulsowy na rdzeniu ETD 44 (materiał 3C8 lub lepiej 3F3) + karkas, uzwojenia według opisu w tekście
 V1: warystor 250V (opcja) np. S10K275
 dioda LED, radiator dla tranzystora T1 (np. KS35.4-38E) i diody D7 (np. KS35.4-70E — firmy Austerlitz), przekładka izolacyjna dla TO-220, kontaktron na 220VAC

do zacisków sieciowych. Zwarcie rezystora R2 musi spowodować start układu i wzrost pobieranego z zasilacza prądu (nie więcej jednak niż 1A). Obserwowane w ciemności włókno żarówki powinno się lekko żarzyć.

Przejdźcie pomyślne układu przez te testy pozwala włączyć układ do sieci. Po starcie pozostaje do wykonania jedynie sprawdzenie, czy napięcie zasilające kontroler jest zbliżone do 18V, a napięcie na rezystorze R12 jest (pod obciążeniem) nie większe niż 1 V (świadczy to o dobrej pracy triaka TY2) i wyregulowanie napięcia wyjściowego (13,8V).

Zamiast proponowanego w wykazie elementów rdzenia Polferu

z materiału 3C8 można bez żadnych przeróbek użyć takiej samej kształtki ale z materiału 3F3 (Philips). Taka zamiana zmniejszy straty mocy w rdzeniu o około 40%! W przypadku dławika, zamiast rdzenia kubkowego można użyć toroidalnego rdzenia proszkowego (np. 2P80 Philipsa o wymiarach 27x14x11mm i Al=94, w kolorze zielonym).

Opisany powyżej układ od kilku miesięcy z powodzeniem stosuję do zasilania fabrycznego transceivera Kenwood FM/SSB TR-751. Przez ten czas ani razu nie otrzymałem raportu negatywnie oceniającego jakość mojego sygnału.

Robert Magdziak, AVT

e-mail: trebor@mi.com.pl