

# Zasilacz do CB, część 1

## kit AVT-396

PROJEKT  
Z OKŁADKI

Czas na naprawdę mocne uderzenie.

Proponujemy wykonanie impulsowego zasilacza dużej mocy, który może oddać do obciążenia 220W przy napięciu 12V. Rozbudowany układ filtrów przeciwzakłóceńowych oraz szeregu układów zabezpieczeń, czynią z niego uniwersalne, wydajne i wysokosprawne źródło mocy.

Niewiele jest urządzeń elektronicznych spotykanych w domach (oprócz komputerów) potrzebujących tak dużej mocy zasilania. Skromną, lecz wielce wymagającą ich reprezentacją, są na przykład transceivery KF/UKF w wersji *mobile*, często wykorzystywane przez krótkofalowców stacjonarnie, w domu. Ich moc wyjściowa często sięga 100W przy zasilaniu 12V, konieczne jest zatem stosowanie zasilacza o dużej wydajności prądowej.

Istnieje powszechne przekonanie, iż sprzętu radiokomunikacyjnego nie należy zasilać z urządzeń impulsowych. Z pewnością jest w tym nieco racji, gdyż poziom zakłóceń wytwarzanych przez zasilacze impulsowe jest wyższy niż w zwykłych stabilizatorach o działaniu ciągłym. Nie jest to jednak krytyczne w urządzeniach FM i w wersji *mobile* - z góry przystosowanych do współpracy z instalacją elektryczną samochodu lub ze źródła mało stabilnego i o dużych zakłóceń.

Prezentowany układ jest konwencjonalną przetwornicą przeciwobną (ang. *push-pull*), pracującą z częstotliwością 50kHz, z modulacją szerokości impulsu i zasilaną bezpośrednio wyprostowanym napięciem sieciowym. Układ został zaprojektowany w sposób zapewniający jak najlepszą realizację pięciu najważniejszych założeń:

- osiągnięcia wysokiej sprawności rzędu 78%;
- niskiego poziomu zakłóceń, tętnień i szumów napięcia wyjściowego;
- prostoty uruchamiania i wykonania;
- małej liczby elementów indukcyjnych;
- wysokiego stopnia zabezpieczenia zasilanego urządzenia.

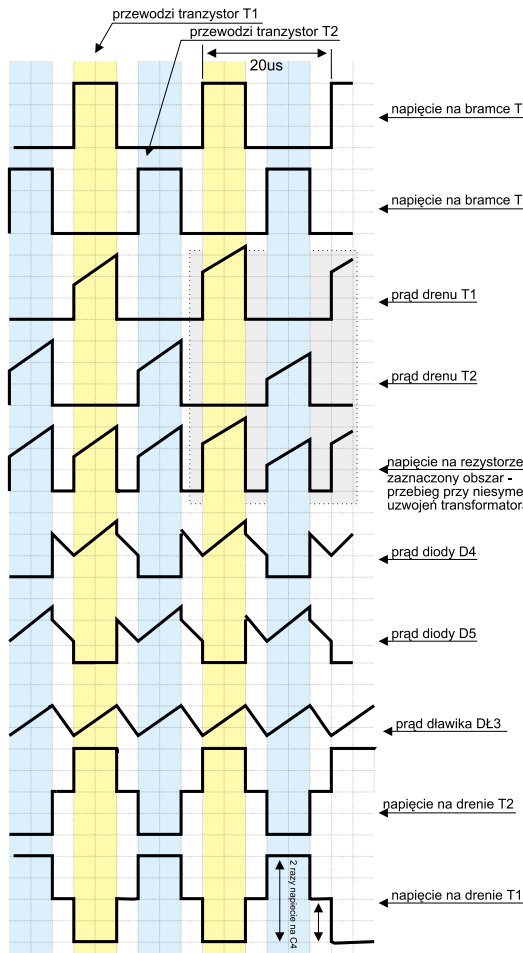


Rzetelność konstruktorska nakazuje uprzedzić Czytelników, iż budowa zasilacza jest zajęciem czasochłonnym i wymagającym dużej staranności. Na każdym etapie budowy trzeba pamiętać o tym, iż pracujemy z niebezpiecznym napięciem sieci po stronie pierwotnej i dużymi prądami po stronie wtórnej.

### Opis układu

Schemat elektryczny przetwornicy przedstawiamy na **rys. 1**. Przemienne napięcie sieci (220V), poprzez rezystory R1 i R2 ograniczające impuls prądu w momencie włączenia układu do sieci, jest podawane na filtr przeciwzakłóceńowy zbudowany z kondensatorów C1 i C2 oraz skompensowanego prądowo dławika D11. Po filtracji przeciwzakłóceńowej następuje prostowanie i odfiltrowanie napięcia. Napięcie na kondensatorach filtrujących C3 i C4 nieco przekracza 300V. Dodatkowy dławik D12 przeciwdziała przenikaniu do sieci energetycznej zakłóceń wytwarzanych przez przetwornicę, podobnie kondensator C5 zmniejsza impedancję filtrujących kondensatorów elektrolitycznych dla wyższych częstotliwości. Ponieważ istnieje sprzeczność wymagań na wartości rezystancji rezystorów R1 i R2 (powinna być duża dla znacznego ograniczenia impulsu prądu ładującego elektrolity filtru, a mała ze względu na ograniczenie strat





Rys. 2. Przebiegi w charakterystycznych punktach układu.

mocy), zamiast wspomnianych oporników lepiej jest użyć termistorów NTC (o rezystancji malejącej ze wzrostem temperatury) i mocy strat rzędu 2W.

Transformator TR2 wraz z mostkiem prostowniczym M2, kondensatorem filtrującym C16 i trójkońcówkowym stabilizatorem U2, tworzy pomocniczy zasilacz małej

mocy o napięciu 18V. Jest on potrzebny do zasilania sterownika przetwornicy.

Wyprostowane i odfiltrowane napięcie sieci trafia do falownika zbudowanego z dwóch tranzystorów kluczujących MOSFET (T1 i T2) i transformatora impulsowego TR1. W połączonych źródłach kluczy znajduje się rezystor R4. Spadek napięcia na nim informuje sterownik o wartości prądu w obwodzie pierwotnym i jest wykorzystywany do realizacji układu ograniczającego maksymalny prąd wyjściowy i do blokady kluczy w przypadku zwarcia na wyjściu. Pomiedzy dreny tranzystorów T1 i T2 został włączony dwójnik R5, C6 ograniczający szybkość narastania napięcia na tranzystorach do wartości bezpiecznej. Chwilowe napięcie na tranzystorach osiąga podwojoną wartość wyprostowanego napięcia sieci, zgodnie z rys. 2 obrazującym kształt przebiegów napięć i prądów w układzie.

Przetransformowane napięcie jest podawane poprzez diody D5 i D6 na dławik Dł3. Jego podstawowym zadaniem jest gromadzenie energii podczas włączonych kluczy i oddawanie jej do obciążenia wtedy, gdy oba klucze są zatkane. Przebieg prądu w dławiku jest pokazany na rysunku 1. Z uwagi na duży prąd przewodzenia, przekraczający w szczycie 23A, gabaryty dławika są duże. Jego rdzeń nie powinien się bowiem nasycać. Osobom, które będą chciały przeprojektować układ na inne parametry napięciowo-prądowe, z pewnością przyda się informacja, że dławik użyty w układzie posiada pod tym względem spory zapas. Jego rdzeń nasyca się dopiero przy prądzie rzędu 28..30A.

Kondensatory C19..C24 filtrują napięcie wyjściowe. Z uwagi na

dużą częstotliwość pracy przetwornicy i duże prądy przepływające przez ich wyprowadzenia, pojedynczą wartość pojemności rozbito na pięć mniejszych, tak aby maksymalnie zmniejszyć szkodliwą rezystancję ESR pojemności wypadkowej. W zasadzie wszystkie te elementy powinny być dostosowane do pracy w układach impulsowych. Z uwagi na trudność zakupu, praktycznie wypróbowano kombinację pięciu zwykłych kondensatorów elektrolitycznych (ale renomowanych firm!). Cała ta bateria została zbocznikowana dwoma kondensatorami (C21 i C25) o małych pojemnościach, dla poprawy charakterystyk w zakresie wyższych częstotliwości.

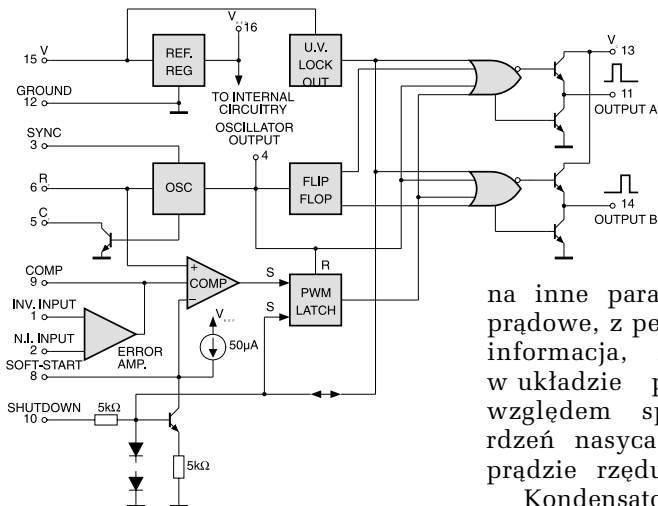
Słowa wyjaśnienia należą się również funkcji elementów R29 i R39 oraz C29 i C30. Zadaniem tych dwójników jest złagodzenie charakterystyki powrotu diod D5 i D6. Bez nich charakterystyka jest ostra, co w efekcie powoduje dodatkową i niepotrzebną generację zakłóceń radioelektrycznych.

### Sterownik przetwornicy

Do sterowania przetwornicą użyto układu SG3525A. Jest to popularna i znana kostka produkowana przez większość znanych firm półprzewodnikowych. Jej niewątpliwą zaletą jest to, iż dzięki wbudowaniu w nią tzw. układu *totem-pole*, bez żadnych dodatkowych układów może ona sterować parą kluczy MOSFET. W ten sposób, zachowując koncepcję umieszczenia obwodu sterującego po pierwotnej stronie transformatora, udało się zaoszczędzić dwa elementy indukcyjne: transformatora sterującego kluczami i przekładnika prądowego do kontroli prądu pierwotnego.

Wadą takiego rozwiązania jest to, że zazwyczaj uszkodzenie tranzystora kluczującego (np. przebiecie dren-bramka) pociąga za sobą spalenie sterownika. Przed zjawiskiem tym można próbować bronić się włączając pomiędzy masę a bramki (równoległe do rezystorów R9 i R10) diody Zenera dużej mocy o napięciu rzędu 25V. Jednak próby autora pokazały, że niekiedy impulsy prądu są tak silne, że niszczą i układ scalony, i wspomniane diody.

Schemat wewnętrzny układu SG3525 został przedstawiony na



Rys. 3. Schemat blokowy układu SG3525.



Rys. 4. Sposób wykonania karkasu transformatora Tr1.

rys. 3. Funkcje wyprowadzeń są następujące:

- ✓ Końcówki 11 i 14 są wyjściami układu drivera, mogącymi sterować bezpośrednio bramką tranzystora MOSFET o pojemności  $C_{gs}$  nie większej niż 1,5nF. Maksymalny prąd chwilowy przepływający przez te końcówki nie powinien przekraczać 400mA. Ograniczenie to realizuje się włączając rezystor R11 pomiędzy zasilanie driverów (wyprowadzenie 13) a zasilanie układu (wyprowadzenie 15). Dwa rezystory R6 i R8, o oporności 1Ω, włączone w szereg z bramkami, zapobiegają wzbudzeniu się stopnia sterującego.
- ✓ Końcówka 8 jest wejściem układu powolnego startu przetwornicy, koniecznym do bezpiecznego jej uruchomienia. Napięcie występujące na podłączonym do niej kondensatorze C11 steruje modulacją szerokości impulsów kluczujących. Ponieważ C11 jest ładowany z wewnętrznego źródła prądowego, daje to w efekcie powolny wzrost szerokości (wypełnienia) impulsów sterujących po włączeniu zasilania.
- ✓ Końcówka 10 jest wejściem układu blokującego pracę przetwornicy. Przekroczenie na niej poziomu napięcia ok. 0,6V powoduje stopniowe ograniczenie szerokości impulsów sterujących klucza mi i w efekcie spadek napięcia wyjściowego. W zasilaczu wejście to zostało wykorzystane do zabezpieczenia przed zwarcie. Przekroczenie wartości maksymalnego prądu na wyjściu zasilacza przenosi się przez transformator na stronę pierwotną i objawia się wzrostem spadku napięcia na rezystorze R4 do takiej wartości, że uaktywnia się układ ograniczający. Elementy C7 i R7 eliminują

zakłócenia szpilkowe jakie pojawiają się przy przełączaniu kluczy. Brak tego filtra dolnoprzepustowego objawiałby się znacznym „przeczulaniem” zasilacza na chwilowe skoki prądu. Układ zasilacza często jest przeczulony lub wyłącza się przy niższej wartości prądu, gdy rezystor pomiaru prądu R4 ma dużą indukcyjność własną (na przykład gdy jest to rezystor drutowy). R4 powinien być bezwzględnie elementem wysokiej jakości - w prototypach najlepiej pracowały oporniki wykonane w postaci płytki ceramicznej z napyłoną warstwą oporową.

- ✓ Za pomocą elementów dołączonych do wyprowadzeń 5, 6 i 7 ustala się częstotliwość pracy zasilacza. Ważną rolę pełni rezystor R14 - wartość jego oporności decyduje o wartości tzw. czasu martwego, czyli minimalnego odstępu czasu między wyłączeniem jednego z kluczy, a załączeniem drugiego. Taka strefa ochronna jest konieczna dla bezpiecznej pracy - próba jej likwidacji spowodowałaby natychmiastowe zniszczenie tranzystorów kluczujących przy pełnym obciążeniu wyjścia.
- ✓ Końcówki 1 i 2 są wejściami wzmacniacza napięcia błędu. W układzie wejście nieodwracające (2) zostało połączone za pomocą rezystorów R16 i R17 z wyjściem napięcia odniesienia (5,1V - końcówka 16), a na wejście odwracające (1) jest podawany sygnał sprzężenia zwrotnego z transoptora.
- ✓ Elementy dołączone do końcówek 9 zapewniają kompensację częstotliwościową układu.

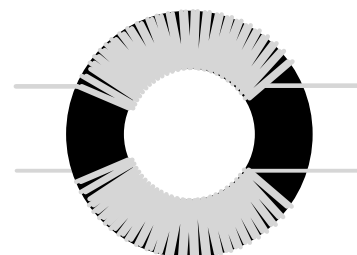
Układ zabezpieczenia przed zbyt małym napięciem zasilania nie dopuszcza do uruchomienia przetwornicy, jeśli napięcie na kondensatorze C4 jest niższe niż ok. 240V. Układ zabezpieczenia kontroluje w sposób ciągły napięcie na C4. W chwili gdy przekroczy ono 230V (próg ustalony przez diodę Zenera D1), zaczyna rosnąć napięcie na bazie T3. Para T3 i T4 stanowi przerzutnik Schmitta o dolnym progu przerzutu około 0,6V. Gdy napięcie na C4 osiągnie ok. 240V, to T3 zaczyna przewodzić, a T4 i T6 zatykają się. Zatkany T6 pozwala na rozpoczęcie ładowania

kondensatora wolnego startu C11 i uruchomienie zasilacza. Gdy napięcie zasilania zacznie maleć, przerzutnik ponownie uaktywnia się przy napięciu około 220V, następuje szybkie rozładowanie C11 za pomocą nasyconego wtedy T6 i wyłączenie zasilacza. Histeresa napięcia przerzutu jest konieczna dla dobrej pracy układu ze względu na dość duży poziom tętnień napięcia na kondensatorze C4.

Układ sprzężenia zwrotnego kontroluje wartość napięcia na wyjściu przetwornicy i tak steruje szerokością impulsów kluczujących, aby w całym zakresie zmian obciążenia napięcie było bliskie 12V. Od projektu i właściwej kompensacji pętli sprzężenia zwrotnego zależy szereg istotnych parametrów użytkowych zasilacza, między innymi jego odpowiedź impulsowa, stabilna praca w szerokim zakresie zmian prądu obciążenia i charakteru jego impedancji. Prawidłowa kompensacja wzmacniacza napięcia błędu jest trudna i żmudna (o czym autor przekonał się dogłębnie). Jak już wspomniano, elementy kompensacji częstotliwościowej są dołączone do wyprowadzenia numer 9 układu SG3525. Jest to wyjście wzmacniacza napięcia błędu. Należy koniecznie zadbać, aby kondensator C12 układu kompensacji częstotliwości był wysokiej jakości, najlepiej styrorefleksowy.

Przeniesienie informacji o napięciu po stronie wtórnej na pierwotną jest realizowane za pomocą transoptora O1. Jest to ważny element układu ze względu na bezpieczeństwo, gdyż zapewnia separację galwaniczną obwodu wtórnego od sieci energetycznej. Im dioda LED w transoptorze jaśniej świeci, tym napięcie na wyprowadzeniu 1 jest wyższe i współczynnik wypełnienia impulsów jest mniejszy.

Po stronie wtórnej dioda LED jest sterowana za pomocą układu



Rys. 5. Sposób nawinięcia dławika Dł1.

TL431 (regulowanej diody Zenera). W chwili gdy napięcie wyjściowe zasilacza przekroczy nastawioną wartość progową stabilizacji układu TL431, zaczyna płynąć prąd przez LED i następuje ograniczenie napięcia. Wartość napięcia wyjściowego można regulować w niewielkim zakresie za pomocą PR1, zmieniającego napięcie progowe D2. Parametry całej sieci sprzężenia zwrotnego zostały wyliczone w taki sposób, aby cały układ miał wzmocnienie bliskie jedności, tj. aby zmiana napięcia na wyjściu o np. +30mV wywoływała również zmianę o +30mV na wejściu odwracającym wzmacniacza napięcia błędu.

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

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

R1, R2: Termistory NTC 10Ω/2W lub rezystory drutowe 4,7Ω/5W

R3: 120kΩ/1W

R4: 0,33Ω/1W (nie drutowy)

R5: 470Ω/5W

R6, R8: 1Ω/0,25W

R7, R32, R33: 100Ω

R9, R10: 18kΩ

R11: 27Ω/0,25W

R12, R37: 680Ω

R13: 33kΩ

R14: 12Ω

R15, R27: 4,3kΩ

R16, R17, R41: 2,2kΩ

R18: 1,5kΩ

R19, R43: 8,2kΩ

R20: 22kΩ

R21, R26: 47kΩ

R22: 100kΩ

R23, R35: 12kΩ

R24: 560Ω

R25: 5,1kΩ

R28: 390Ω

R29, R39: 33Ω/1W

R31: 100Ω/2W

R34, R38, R44: 2kΩ

R36, R42: 10kΩ

R39: 1kΩ

R40: 470kΩ

PR1: 10kΩ

### Kondensatory

C1, C2: 220nF/250VAC

C3, C4: 200μF/400V

C5: 100nF/400V

C6: 100pF/1kV

C7: 22nF/63V

C8: 220μF/63V

C9, C15, C16, C17, C18, C26,

C27, C28: 100nF/63V

C10: 47μF/25V

C11: 4,7μF/16V

## Sterownik wentylatora

Mimo dużej sprawności, przy pracy z pełną mocą wyjściową, w układzie dość silnie grzeją się niektóre elementy. Szczególnie dotyczą to diod D5 i D6, rdzenia transformatora, dławika i kluczy. Ponieważ w założeniach zasilacz był projektowany do zasilania transceivera, bez sensu byłoby go wyposażać w duże radiatory lub pracujący przez cały czas wentylator, gdyż duża moc jest pobierana wyłącznie przy nadawaniu.

Dlatego układ wyposażony został w radiatory, zdolne odprowadzić ciepło dla chłodzenia naturalnego przy ciągłym prądzie wyjściowym do ok. 8A i termiczny

C12: 150nF/63V

C13: 100pF

C14: 6,8nF

C19, C20, C22, C23, C24: 330μF/25V

C21, C25: 220nF/63V

C29, C30: 6,8nF/250V

### Półprzewodniki

D1: BZY80C220

D2: TL431C

D3: LM385-2,5V

D4: BZY80-C6V8

D5, D6: MBR2045CT

D7: BZY80C15

M1: mostek 3A/400V

M2: mostek 1A/100V

O1: 6N135

T1, T2: BUZ80

T3, T4, T5, T6: BC548

T7: BD138

TS: BA812

U1: SG3525A

U2: 7818

U3: TL081

### Różne

Dł1: 2 razy 25 zwojów na rdzeniu RP 25x15x10

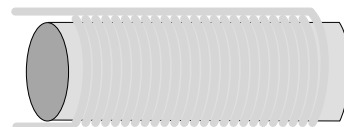
Dł2: 25 zwojów DNE0,5 w izolacji polietylenowej na rdzeniu RW5x25

Dł3: rdzeń ETD44 Polfer ze szczelinią 1 mm i z karkasem. uzwojenie 9,5 zwoju 8 razy DNE 1 mm

TR1: rdzeń ETD44 Polfer bez szczeliny z karkasem. Uzwojenie pierwotne 2 razy 54 zwoje DNE 0,5 mm, uzwojenie wtórne 2 razy 5 zwojów, 5 razy DNE 1 mm

TR2: TS2/56

Oprawka bezpiecznika do druku, bezpiecznik 3,15A, wentylator min. 8x8 cm 12V<sub>dc</sub>, rezystory i żarówki do uruchomienia wg opisu w tekście



Rys. 6. Sposób wykonania dławika Dł2.

włącznik wentylatora. Zrealizowany on został w sposób najprostszy, za pomocą pojedynczego wzmacniacza operacyjnego U3 pracującego jako komparator z histerezą i porównującego napięcie odniesienia z sygnałem z czujników temperatury. Zaletą tego klasycznego układu jest to, iż przy wykorzystaniu jako czujnika temperatury potrójnej diody BA812, możliwa jest kontrola temperatury w kilku punktach (radiatorach) - praktyczna realizacja sprowadza się do umieszczenia w układzie kilku diod BA812 w różnych miejscach i połączeniu ich równolegle.

## Sterownik tyrystora

Ewentualne uszkodzenie w układzie kontroli napięcia wyjściowego (np. przerwa w rezystorze R28) mogłoby doprowadzić do szybkiego i niekontrolowanego wzrostu napięcia na wyjściu przetwornicy nawet do 25V. To realne niebezpieczeństwo i duże zagrożenie dla drogiego transceivera można wyeliminować włączając równolegle do wyjścia zasilacza tyrystor. Do jego sterowania służą elementy R32, R33 i dioda Zenera D7, dołączone do jego bramki. W chwili, gdy napięcie wyjściowe osiągnie 15V, do bramki tyrystora zaczyna płynąć prąd, powodując jego wyzwolenie i zwarcie zasilacza. Tyrystor zabezpieczający musi wytrzymać prąd rzędu 25A, odpada zatem użycie popularnych modeli w obudowie TO-220 i dlatego tyrystor został umieszczony poza płytą drukowaną.

## Elementy indukcyjne

Jakość i solidność wykonania elementów indukcyjnych jest kluczem do sukcesu w budowie zasilacza. Jest to z pewnością prawda banalna i znana. Doświadczenie uczy jednak, że w stwierdzeniu tym nie ma żadnej przesady. Dlatego prawidłowemu wykonaniu elementów indukcyjnych poświęcimy nieco miejsca.

Najważniejszym podzespołem przetwornicy jest oczywiście transformator impulsowy TR1. Do

jego wykonania użyto rdzenia typu ETD44 produkcji Polfer. W układzie *push-pull*, przy częstotliwości pracy 50kHz moc przenoszona przez ten rdzeń nie powinna przekraczać 250W. W odróżnieniu od układu przetwornicy zaporowej, tym razem rdzeń nie zawiera szczeliny powietrznej i obie połówki powinny dobrze do siebie przylegać. Rdzeń z widocznymi pęknięciami lub ubytkami jest nieprzydatny.

Na początku trzeba nawinąć uzwojenie wtórne. Ze względu na dużą wydajność prądową zasilacza musi ono być nawijane pięcioma przewodami jednocześnie. Jest to dość kłopotliwe i wymaga sporej wprawy.

Pracę rozpoczynamy od wycięcia ostrym nożem w karkasie szczeliny potrzebnej do wyprowadzenia odczepu (rys. 4) i przygotowania 5 odcinków przewodu nawojowego o grubości 1 mm i długości ok. 60cm. Końce z jednej strony okręcamy na wyprowadzenia 9..12 karkasu (do 12 dwa przewody!), uprzednio unieruchamiając karkas, np. w małym imadle. Podczas nawijania należy pamiętać, aby zawsze robić to w jednym kierunku, starannie, płasko i ściśle obok siebie układać zwoje. Jeśli czynność ta nie uda się za pierwszym razem, niestety trzeba próbować do skutku. Tak postępując trzeba nawinąć pięć zwojów (liczymy dokładnie!), a drut powinien utworzyć jedną i płaską warstwę. Końce przewodów wyprowadzamy poprzez wyciętą szczelinę na zewnątrz. Tak powstałą warstwę trzeba zaizolować przykrywając ją szczelnie warstwą folii styrofleksowej lub innego izolatora odpornego na temperaturę. Szczególną uwagę należy zwrócić na dokładne przykrycie brzegów.

Drugą, identyczną wiązką trzeba nawinąć dalszą część uzwojenia wtórnego. Tym razem rozpoczynamy od wprowadzenia wiązki przez szczelinę, dalej nawijamy ponownie 5 zwojów, kończąc całość na wyprowadzeniach 13..16. Nawinięte uzwojenie wtórne trzeba zaizolować, tym razem podwójną warstwą folii.

Dla zmniejszenia zakłóceń, pomiędzy uzwojeniem pierwotnym a wtórnym, powinno się umieścić

ekran. Tworzy go zazwyczaj jednonozwojowa i zaizolowana warstwa cienkiej folii miedzianej (nie może ona tworzyć zwartego zwoju). Folię taką dwustronnie izoluje się przyklejając ją do folii styrofleksowej i nawijając nią jeden zwoj. Wyprowadzenie ekranu należy podłączyć do końcówki 8.

Inną, łatwiejszą metodą wykonania ekranu jest zastąpienie folii miedzianej pojedynczą warstwą cienkiego przewodu o średnicy np. 0,25mm. Nawinięcie takiej warstwy rozpoczyna się od końcówki 8, drugi koniec należy zaizolować i pozostawić nie podłączony. Po zaizolowaniu ekranu podwójną warstwą folii, można rozpocząć nawijanie uzwojenia pierwotnego drutem o średnicy 0,5..0,6mm. Zaczynamy od końcówki 2 karkasu i nawijamy dwie warstwy po 27 zwojów, koniec okręcamy na końcówce 6 i ponownie nawijamy dwie warstwy po 27 zwojów, cały czas pamiętając o izolacji, kończąc nawijanie na wyprowadzeniu 4.

Do sprawdzenia dzieła jest potrzebny miernik indukcyjności. Po prowizorycznym złożeniu i ściśnięciu rdzenia, indukcyjność pomiędzy końcówkami 6-2 oraz 6-4 powinna wynosić około 9mH. Istotne jest to, aby wartości indukcyjności obu połówek uzwojeń były jak najbardziej zbliżone. Rozrzut wartości większy od 8..10% świadczy o pomyłce w liczeniu zwojów. Brak pomyłki w zachowaniu kierunku nawijania można sprawdzić mierząc indukcyjność pomiędzy wyprowadzeniami 2 - 4. Prawidłową wartością jest około 32 mH. Gdy natomiast odczytamy z miernika wartość w mikrohenrach niestety uzwojenie trzeba przewinać.

Niesymetrię uzwojeń można również zaobserwować za pomocą oscyloskopu, badając kształt przebiegów występujących na R4. Istotne różnice w wysokości słupków, przykładowo takie jak pokazano na zaciemnionym fragmencie rysunku 2, niezbitcie świadczą o braku symetrii.

Ostatnią czynnością jest pewny montaż rdzenia. Jak już wspomniano połówki rdzenia muszą być starannie i mocno do siebie dociśnięte. Ponieważ podczas pracy rdzeń może się nagrzewać

nawet do temperatury bliskiej 80..100°C, nie można po prostu owinąć go taśmą izolacyjną, gdyż jest ona nieodporna na wysoką temperaturę. Dlatego rdzeń trzeba porządnie skleić żywicą epoksydową (płaszczyzn przylegania połówek oczywiście smarować nie wolno!).

Drugim istotnym elementem zasilacza jest dławik DŁ3. Do jego wykonania również użyty został rdzeń ETD44, tym razem jednak z całkowitą szczeliną powietrzną o szerokości 1mm. Indukcyjność dławika powinna wynosić 20μH i dlatego konieczne jest nawinięcie 9,5 zwoju przewodu. Proszę się nie śmiać, te pół zwoju wcale nie jest wartością przypadkową. Ponieważ początek uzwojenia zaczyna się po jednej stronie karkasu (końcówki 1-8), a kończy po drugiej (9-16), to zawsze liczba zwojów będzie miała połówkową końcówkę. Tak jak i poprzednio, uzwojenie nawija się wieloprzewodowo, wiązką 8 przewodów o średnicy 1mm Tym razem jednak nie trzeba izolować poszczególnych warstw uzwojenia, przyda się jednak impregnacja drutu żywicą epoksydową. Podobnie jak w przypadku transformatora, nie wolno zapomnieć o dokładnym złożeniu rdzenia i sklejeniu go razem z karkasem.

Dławik filtra przeciwzakłóceńowego DŁ1 został wykonany na rdzeniu okrągłym i nawinięty drutem w izolacji polietylenowej (telefoniczny) w sposób pokazany na rys. 5. Istotne jest, aby strumienie magnetyczne wytwarzane przez obie, 20-zwojowe połówki znosiły się. Sprawdzenie praktyczne tego warunku sprowadza się do zwarcia końcówek wyjściowych dławika i pomiaru indukcyjności na końcówkach wejściowych. Oczywiście indukcyjność ta powinna być bliska zera. Wartość rzędu milihenrów świadczy o pomyłce w kierunku nawijania. Gotowy i sprawdzony dławik po wlotowaniu w płytkę drukowaną należy usztywnić kilkoma kroplami kleju.

Najprostszym jest wykonanie dławika DŁ2 - na rdzeniu walcowym nawijamy 25 zwojów drutu telefonicznego jak na rys. 6 i całość pokrywamy koszulką termokurczliwą.

**Robert Magdziak, AVT**