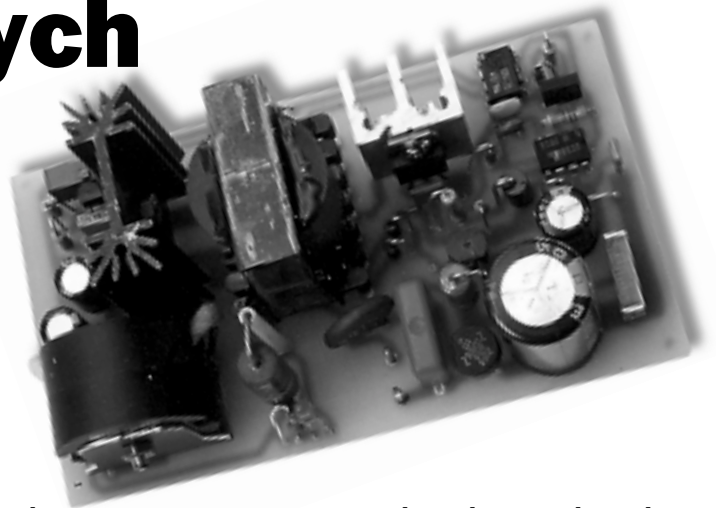


# Prostownik do ładowania akumulatorów samochodowych

## kit AVT-367



*Zima to z okres ciężkiej próby dla akumulatorów samochodowych. Wielu z nas broni się przed niemiłymi niespodziankami z ich strony za pomocą częstego podładowywania. Akumulator nie jest lekki, a zdecydowaną większość typowych prostowników można określić mianem topornych.*

*O ile na gabaryty i wagę akumulatora mamy niewielki wpływ, to nie jest tak w przypadku prostownika.*

*Prezentowana tu ładowarka jest z pewnością nowoczesna i filigranowa.*

Prostownik wykonano w postaci wysokosprawnej przetwornicy przepustowej (ang. forward converter) zasilanej bezpośrednio wyprostowanym napięciem sieci. Przetwornica pracuje z częstotliwością 50kHz, dzięki czemu wymiary elementów indukcyjnych są niewielkie. Zmontowany układ waży niecałe 400 gramów, a jego wymiary 120x70x45mm są mniejsze niż typowego transformatora sieciowego o mocy 100W!

Konstrukcja ładowarki uproszczona została do niezbędnego minimum, tak aby jej wykonanie było opłacalne. Zastosowane zostały popularne i łatwe do kupienia elementy. Mimo tego układ ma wysokie walory użytkowe:

- wysoką sprawność przekraczającą 80%;
- całkowitą odporność na zwarcie wyjścia;
- stabilizowany prąd wyjściowy o maksymalnej wartości 4,5A;
- zabezpieczenie przed przeładowaniem akumulatora.

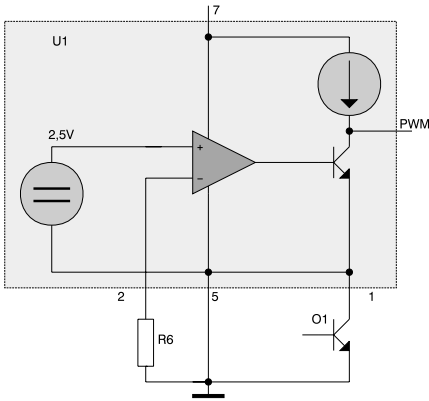
### Opis układu

Schemat elektryczny ładowarki przedstawiono na **rys. 1**. Napięcie sieci, podawane do układu mostkowego M1, poprzez bezpiecznik i rezystor R1 (ograniczający udar prądu w momencie włączenia prostownika), jest w nim prostowane i filtrowane przy pomocy kondensatora C2. W tym zastosowaniu pojemność kondensatora C2

nie musi być duża - akumulator nie wymaga przecież starannie odfiltrowanego napięcia. Kondensator C1 zmniejsza zakłócenia generowane przez układ, a C3 wspomaga pracę głównego kondensatora filtrującego w zakresie wyższych częstotliwości. Wartość rezystora R1 powinna być z jednej strony możliwie duża, aby impuls prądu przy włączeniu układu do sieci był niewielki, z drugiej strony rezystancja ta powinna być możliwie mała, tak aby straty mocy podczas normalnej pracy były jak najmniejsze. Dlatego często w rozwiązaniach praktycznych zamiast R1 montuje się termistor NTC o mocy ok. 2W (tzw. rozruchowy) i rezystancji w temperaturze pokojowej około 10Ω. Przepływający prąd podgrzewa go do temperatury ok. 50°C, jego rezystancja wynosi wtedy ok. 5Ω.

Rezystor R2 odpowiada za start przetwornicy. Po włączeniu zasilania zaczyna przez niego płynąć prąd i narasta napięcie na kondensatorze C4. W chwili gdy napięcie to osiągnie 16V zaczyna pracować kontroler przetwornicy. Włączony zostaje klucz T1 i przetwornica startuje. Ponieważ, z uwagi na konieczność minimalizacji strat mocy, wartość rezystancji R2 powinna być jak największa, to w momencie startu kontroler czerpie energię praktycznie wyłącznie z kondensatora C4. Wystarcza jej na około 200 milisekund pracy.



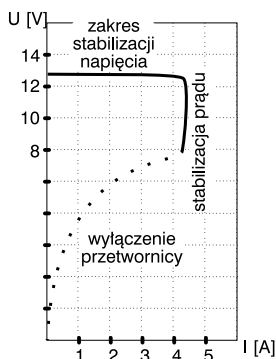


Rys. 2. Sposób sterowania generatora PWM za pomocą transoptora.

przebiega w sposób podobny do opisanego.

Pęknięcie rdzenia, i związany z tym dramatyczny spadek jego indukcyjności, powoduje przepływ dużego prądu przez uzwojenie pierwotne - uszkadza to tranzystor T1. Uszkodzony tranzystor ma zazwyczaj zwarte wszystkie wyprowadzenia, czyli do rezystorów R8 i R3 przyłożone zostaje napięcie 300V. Dioda D2 (jest to tzw. transient suppressor, czyli dioda Zenera dużej mocy przeznaczona do „obcinania“ przepięć) ogranicza wartość napięcia na wyprowadzeniu 6 do 24V, a D1 zapewnia właściwą polaryzację kontrolera. W efekcie uszkodzeniu mogą ulec jedynie rezystory R3 i R8, a U1 ocaleje.

Wyprowadzenie 3 dostarcza kontrolerowi informacji o prądzie płynącym przez uzwojenie pierwotne transformatora (badany jest spadek napięcia na rezystorze R3), elementy R4 i C8 tworzą obwód gasikowy dla oscylacji jakie pojawiają się na R3. Elementy R5 i C7 dołączone do nóżki 4 ustalają częstotliwość pracy przetwornicy, a wyprowadzenie 8 jest źródłem napięcia odniesienia o wartości 5V.



Rys. 3. Charakterystyka prądowo-napięciowa prostownika.

Końcówka 2 (rys. 2) jest odwracającym wejściem wewnętrznego wzmacniacza napięcia błędów zawartego w U1. Wejście nieodwracające jest niedostępne z zewnątrz i jest podłączone wewnątrz struktury do napięcia o wartości 2,5V. Z kolei na końcówce 1 jest dostępne wyjście wzmacniacza w celu umożliwienia jego kompensacji. Mimo oczywistej wygody, w opisywanym zastosowaniu wewnętrzny wzmacniacz został wyłączony. Głównym powodem takiej decyzji było to, iż jego kompensacja częstotliwościowa w przetwornicy przepustowej jest wyjątkowo żmudna i mało powtarzalna (UC3844 został zaprojektowany pod kątem sterowania przetwornicą zaporową). Uzyskanie stabilnej pracy bez obciążenia, a tego zasilacze impulsowe bardzo nie lubią, graniczyło z cudem, a stałe czasowe kompensacji uspokajające niesforne „generator“ były tak duże, że jego reakcja na zmianę obciążenia, zamiast przepisowych mikrosekund, była zauważalna gołym okiem!

Wyłączenie wzmacniacza realizuje rezystor R6, a R13 zabezpiecza dodatkowo przed jego nieprzewidzianymi wzbudzeniami. Ponieważ wewnątrz struktury zawarte jest źródło prądowe „wpuszczające“ prąd do końcówki 1 sterowanie generatorem PWM można zrealizować zwierając ją do masy za pomocą tranzystora zawartego w transoptorze.

### Układ stabilizacji napięcia

Im tranzystor zawarty w O1 bardziej przewodzi, tym napięcie na wyprowadzeniu 1 jest niższe i współczynnik wypełnienia impulsów kluczujących mniejszy. Zamierzeniem autora było opracowanie układu stabilnego i powtarzalnego. Dlatego, aby nie było problemów z kompensacją, w układzie został zastosowany szybki transoptor produkcji Hewlett-Packard o sprawności rzędu 8% i pasmie przenoszenia 1MHz.

Jego duża szybkość pracy wynika przede wszystkim z rozbicia wolnego, wieloemiterowego fototranzystora na układ fotodioda-tranzystor. W porównaniu do typowych konstrukcji typu CNY 17 lub CNY64 traci się tutaj istotnie na sprawności transmisji (np.

sprawność CNY64=50%, a jego pasmo to tylko 110 kHz), jednak w tym zastosowaniu nie ma to istotnego znaczenia.

Pracą LED steruje popularny układ TL431 i jednocześnie pełni on w układzie rolę wzmacniacza napięcia błędów. Zaproponowany układ ma dodatkową zaletę, napięcie wyjściowe można dokładnie wyregulować za pomocą PR1 i jest ono stabilne w funkcji temperatury.

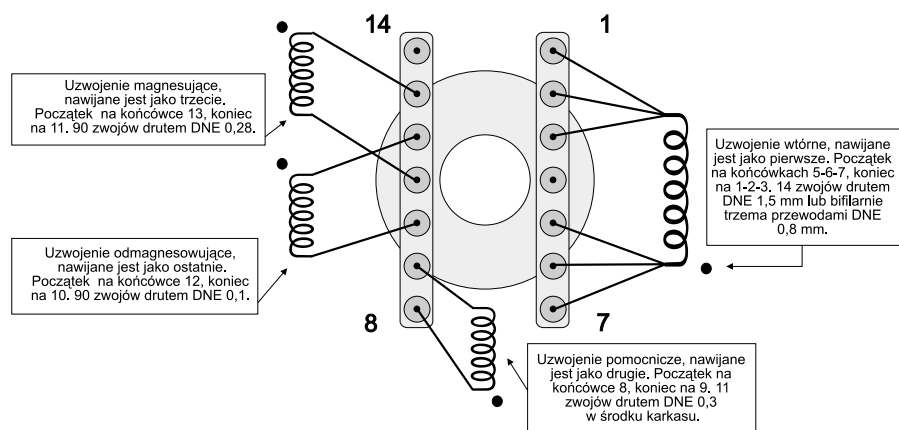
### Układ przekazywania mocy

Najważniejszą częścią układu przekazywania mocy jest transformator. Ma on aż cztery uzwojenia: - uzwojenie oznaczone na schemacie literą „C“ to uzwojenie pierwotne;

- uzwojenie „B“ jest uzwojeniem od magnesowującym - w momencie wyłączenia tranzystora energia zgromadzona w rdzeniu wraca do źródła poprzez diodę D5; gdyby uzwojenia tego nie było lub uszkodzeniu uległaby dioda D5, to rdzeń po krótkiej chwili pracy nasyciłby się - moment ten dla konstruktora objawia się w sposób multimedialny - hukem odparowującej struktury T1 i dymem z oporności R3 i R8;
- uzwojenie „A“ jest uzwojeniem wtórnym;
- uzwojenie „D“ jest pomocniczym uzwojeniem wtórnym potrzebnym do zasilania kontrolera.

Podwójna dioda D6 wraz z dławikiem DŁ2 i kondensatorami C10 i C11 tworzy stopień wyjściowy charakterystyczny właśnie dla przetwornicy przepustowej. Analogiczny układ jest podłączony do uzwojenia „D“, mimo niewielkiej mocy jaką pobiera U1 tu również konieczny jest dławik. Wszystkie kondensatory pracujące w układzie przekazywania mocy powinny być charakteryzowane niską wartością współczynnika ESR. Procentuje to niższymi zakłóceniami na wyjściu, niższą wartością napięcia tętnień oraz, co równie ważne, układ taki łatwiej jest poprawnie skompensować.

Kondensatory o niskiej wartości ESR czasami można poznać po zwielokrotnionych wyprowadzeniach, jednak jeśli wykonano je techniką mostkowania warstw folii (zawierają one szereg dodatkowych połączeń pomiędzy wars-



Rys. 4. Sposób nawijania transformatora TR1.

twami zwijki) zewnętrznie niczym nie odróżniają się od innych. Brak jednolitego systemu oznaczeń powoduje dodatkowy bałagan i dezorientację.

W układzie wypróbowano praktycznie kombinację dwóch zwykłych (ale od renomowanego producenta) kondensatorów połączonych równolegle, dzięki czemu wypadkowa rezystancja ESR jest niewielka oraz, na co niekiedy nie zwraca się uwagi, prądy przewodzone przez wyprowadzenia tych pojemności leżą w rozsądnych granicach. Rezystor R12 realizuje wymóg minimalnego obciążenia wyjścia i zapewnia stabilną pracę.

### Jak działa stabilizacja prądu?

Jeśli tylko napięcie akumulatora jest niższe od ustawionej potencjometrem PR1 wartości progowej (ściślej: końcowej wartości napięcia ładowania), układ przestaje stabilizować napięcie i przechodzi do stabilizacji prądu. Kontrola jego wartości jest dokonywana po stronie pierwotnej. W czasie, gdy tranzystor kluczujący przewodzi, to prąd przez niego płynący składa się w uproszczeniu z dwu składowych:

- prądu magnesującego o wielkości zależnej od indukcyjności uzwojenia pierwotnego i napięcia na C2,
- prądu wyjściowego pomniejszonego o przekładnię transformatora.

Ponieważ wielkość prądu magnesującego jest wartością stałą, można do kontroli prądu wyjściowego sprawdzać wielkość prądu pierwotnego. Zamiana prądu na napięcie jest realizowana w źródle tranzystora T1 na rezystorze R3. Napięcie to poprzez filtr dolno-

przepustowy R4 i C8, eliminujący zakłócenia szpilkowe powstające przy przełączaniu klucza, jest podawane na wejście kontroli prądu. W chwili, gdy napięcie na wyprowadzeniu trzecim U1 osiągnie 1V, kontroler natychmiast i bez względu na wartość sygnałów ze wzmacniacza napięcia błędnie wyłącza klucz (oczywiście proces wyłączenia powtarza się w każdym cyklu).

Takie działanie pozwala ograniczyć prąd wyjściowy do żądanej wartości poprzez dobór R3 i jednocześnie zapewnia bezpieczny start układu bezpośrednio po włączeniu do sieci, gdy kondensatory C10 i C11 są jeszcze nie naładowane. Po prostu są one ładowane stałym prądem.

### Zabezpieczenie przeciwzwarciowe

Zwarcie końcówek wyjściowych prostownika nie powoduje, jak można by przypuszczać, ciągłego przepływu przez nie dużego

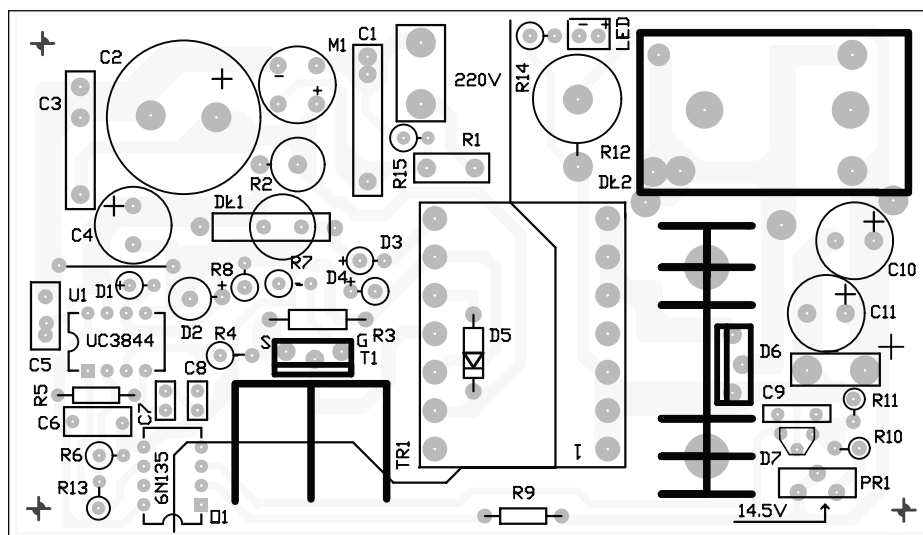
prądu. Układ dysponuje bowiem oryginalnym zabezpieczeniem przeciwzwarciowym, a jego charakterystyka prądowo-napięciowa jest przedstawiona na rys. 2. Wynika z niej, że przez zwarte zaciski wyjściowe nie płynie żaden prąd.

Gdy napięcie na wyjściu z jakichś powodów się zmniejszy, dzięki silnemu sprzężeniu magnetycznemu uzwojeń „A” i „D”, proporcjonalnie zmaleje również napięcie na kondensatorze C4. Spadek tego napięcia poniżej 10V uaktywnia układy zabezpieczenia podnapięciowego wbudowane w U1 i przetwornica się wyłącza. Po niecałej sekundzie przerwy, kondensator C4 zostaje doładowany przez R2 do progowego napięcia włączającego kontroler (16V) i układ ponownie startuje. Ciągłe zwarcie objawia się zatem charakterystycznym „próbkowaniem” przetwornicy.

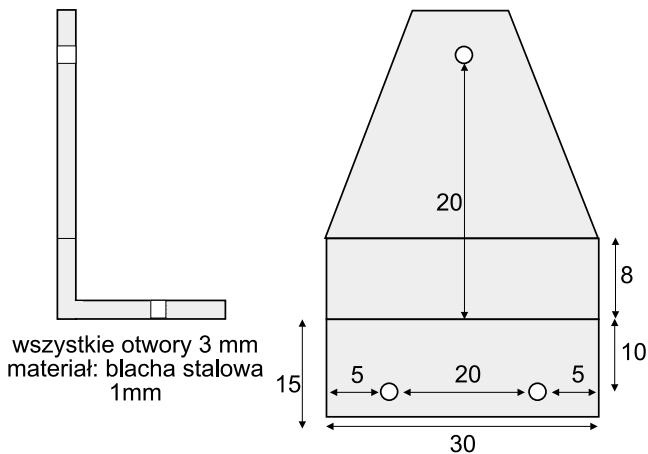
### Jak wykonać transformator?

Prawidłowe i staranne wykonanie transformatora jest kluczem do sukcesu w budowie prostownika. Szczególną uwagę trzeba zwrócić na właściwe podłączenia uzwojeń do wyprowadzeń karkasu. Ewentualne pomyłki w początkach i końcach uzwojeń lub przebiecia między nimi unieruchomią układ lub uszkodzą elementy mocy.

Pracę rozpoczyna się od przygotowania 3 odcinków drutu DNE o średnicy 0,8 mm i długości ok. 85 cm. Początki drutów należy



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej prostownika.



Rys. 6. Szkic wykonania wspornika dławika Dł2.

zamocować do wyprowadzeń 5-6-7 (patrz rys. 4) i całą wiązką nawinąć 14 zwojów. Przewody muszą być układane ściśle i równo. Końce drutów lutuje się do nóżek 1-2-3. Gotowe uzwojenie wtórne należy zaizolować - dla dostatecznego bezpieczeństwa użytkownika, izolację powinna stanowić taśma izolacyjna odporna na temperaturę rzędu 100 stopni. Próby autora pokazały, że najlepiej do tego nadaje się folia styrofleksowa pozyskana choćby ze starego telewizyjnego transformatora w.n. lub dużego kondensatora.

Folię należy pociąć w pasy o szerokości większej od wielkości karkasu o ok. 2 mm, co da gwarancję, iż dokładnie przykryje ona uzwojenie i nie będzie przebić między uzwojeniami. Ponieważ izolacja pomiędzy uzwojeniem wtórnym a pozostałymi jest najważniejsza, dlatego należy nawinąć jej aż trzy warstwy.

Drugie w kolejności nawija się uzwojenie zasilające kontroler „D”. Ponieważ moc pobierana przez U1 jest niewielka, wystarczy cienki drut o średnicy około 0,3 mm, którym należy nawinąć 11 zwojów zaczynając od końcówki 8, a kończąc na 9. Z uwagi na wymagane duże sprzężenie z uzwojeniem wtórnym, uzwojenie nawijamy centralnie w środku karkasu, ściśle zwój przy zwoju. Podczas nawijania należy ciągle mieć na uwadze, aby wszystkie uzwojenia nawijać w jednym kierunku, inaczej trudno będzie zapanować nad końcami i początkami oraz starannie izolować wyprowadzenia i każdą z nawijanych warstw drutu.

Trzecie w kolejności nawija się uzwojenie pierwotne „C” Zaczynając od końcówki 13, trzeba nawinąć 90 zwojów drutu DNE 0,28 i zakończyć na nóżce 11. Uzwojenie odmagnosowujące liczy sobie również 90 zwojów, jednak w tym przypadku wystarczy znacznie cieńszy drut

DNE, np. 0,1 mm. Start na końcówce 12, koniec na 10. Oczywiście są dopuszczalne nieznaczne różnice w średnicach używanych przewodów

W gotowy karkas należy wsunąć rdzeń, po czym ciasno owinać go taśmą izolacyjną, aby zapewniony był właściwy docisk obu połówek do siebie. Do kontroli nawinięcia potrzebny będzie miernik indukcyjności. Uzwojenia „B” i „C” powinny mieć indukcyjność po około 18mH. Prowizorycznie połączone ze sobą połówki rdzenia należy pozostawić tak przez cały proces uruchamiania, dopiero gdy uzyska się pewność, iż wszystko działa poprawnie, trzeba solidnie skleić je ze sobą i z karkasem za pomocą żywicy epoksydowej odpornej na podwyższoną temperaturę.

### Pozostałe elementy indukcyjne

Drugim ważnym elementem jest dławik Dł2. Do jego wykonania najlepiej jest użyć specjalnego rdzenia toroidalnego, jednak z uwagi na trudności w zakupie takowego i, co chyba ważniejsze, aby uniknąć kłopotliwego w tym przypadku nawijania, do wykonania dławika proponuję użyć rdzenia kubkowego. Uzwojenie dławika liczy sobie 12 zwojów nawiniętych możliwie jak najgrubszym drutem (np. DNE 1,5 mm) na szpulce rdzenia M32/19. Uzwojenie nie wymaga izolacji, ale ponieważ drut nawojowy o tej średnicy jest sprężysty, ciasno nawinięte uzwojenie trzeba przed zamontowaniem w rdzeniu posmarować żywicą epoksydową (klej

Epidian lub Distal), a na wyprowadzenia nasunąć odcinki koszulki igielitowej. Gotowy dławik powinien mieć indukcyjność ok. 60 mikrohenrów. Mozaika płytki drukowanej przewiduje możliwość użycia gotowych dławików, zgodnie z danymi zawartymi w wykazie elementów.

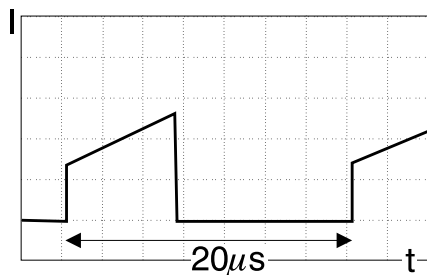
Indukcyjność dławika Dł1 powinna wynosić około 150 mikrohenrów. Z uwagi na niewielki prąd płynący przez niego można skorzystać z szerokiej gamy elementów gotowych.

### Montaż i uruchomienie

Układ montuje się według typowych reguł, najlepiej na płycie drukowanej przedstawionej na wkładce wewnątrz numeru. Rozmieszczenie elementów przedstawia rys. 5.

Nieco komplikacji przysporzyć może jedynie to, iż dużą część elementów montuje się w pionie. Zadbaj należy jedynie, aby rezystory, w których wydziela się znacząca moc (R1, R2, R12) zamontować w pewnym oddaleniu od płytki drukowanej, co ułatwi rozpraszanie ciepła i ograniczy nagrzewanie innych sąsiednich elementów. Kontroler U1 warto jest zamontować w podstawie. Do zamontowania dławika Dł2 na rdzeniu kubkowym konieczne będzie wykonanie z cienkiej blachy stalowej lub aluminiowej wspornika kąтового zgodnie z rys. 6. Zarówno dioda D6, jak i tranzystor T1 wymagają radiatorów. Elementy mocujemy do nich bez przekładek izolacyjnych.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów działa od pierwszego włączenia, uruchamianie warto jednak przeprowadzić stopniowo. Podczas pracy należy zachować daleko idącą ostrożność, gdyż nie dość, że układ jest zasilany bezpośrednio z napięcia sieci energetycznej, to dodatkowo szczytowe napięcia w układzie przekraczają 700V! Należy również pamiętać, aby po wyłączeniu układu odczekać kilkadziesiąt sekund przed rozpoczęciem jakichś manipulacji, aby rozładował się kondensator C2. Do uruchomienia potrzebne będą: rezystor o oporności około 100Ω i mocy co najmniej 2W, dwie żarówki samochodowe 12V/21W, regulowany



Rys. 7. Prawidłowy kształt napięcia na źródle T1.

zasilacz warsztatowy i miernik uniwersalny.

W pierwszym kroku trzeba wylutować rezystor R2 i podać na wejście układu napięcie sieci poprzez rezystor 100Ω. Napięcie na kondensatorze C2 powinno przekraczać 300V. W drugim kroku zasilamy kontroler wyłącznie z zasilacza warsztatowego. Napięcie zawierające się pomiędzy 17 a 20V należy podać bezpośrednio na kondensator C4. Kontrolujemy obecność napięcia odniesienia (5V) na wyprowadzeniu 8, sprawdzamy obecność impulsów kluczujących na końcówce 6. Następnie należy stopniowo zmniejszać napięcie zasilania. Po przekroczeniu granicy 10V, napięcie na końcówce 6 powinno nagle spaść do zera i zwiększyć się dopiero przy napięciu zasilania 16V.

W trzecim kroku sprawdza się działanie układu stabilizacji napięcia. Potencjometr PR1 ustawiamy w położenie środkowe i podajemy napięcie z zasilacza warsztatowego na wyjście układu. Podłączamy woltmierz równolegle do R9 i powoli zwiększamy napięcie z zasilacza. Przy napięciu około 13V, niewielkie wskazania woltmierzowe powinny zacząć gwałtownie rosnać. Podobne efekty dużych zmian napięcia występują przy ruchach PR1. Aby sprawdzić działanie po drugiej stronie transoptora, ponownie podajemy napięcie na kontroler, wylutowujemy R9 i dodatkowo napięcie z zasilacza, konieczne poprzez rezystor o oporności około 3kΩ podajemy bezpośrednio na diodę LED transoptora (plus na końcówkę 2). W momencie zapalenia diody napięcie na wyprowadzeniu 1 powinno spaść do wartości bliskiej zeru, zniknąć powinny również impulsy kluczujące na nóżce 6.

Przed ostatnią próbą wylutowujemy wszystkie odłączone elemen-

ty. Podłączamy do wyjścia prostownika żarówkę 12V/21W, a napięcie z zasilacza warsztatowego (17..20V) podajemy bezpośrednio na kondensator C2. Następnie zwieramy rezystor R2. Prąd pobierany z zasilacza powinien wzrosnąć do około 100mA, a żarówka powinna bardzo słabo zacząć się żarzyć (obserwacje w ciemności). Brak takich objawów, w szczególności brak wzrostu pobieranego prądu lub duży pobierany prąd (1A) świadczą o uszkodzeniach falownika lub pomyłkach w wykonaniu transformatora.

Na koniec usuwamy zwarcie R2 i włączamy układ do sieci. Jeśli wszystkie powyższe kroki układ przeszedł pomyślnie, można mieć 90% pewności, iż żarówka rozbliśnie jasnym światłem. Po krótkiej chwili pracy trzeba skontrolować temperaturę radiatorów (lekkie ciepło). Następnie odłączamy żarówkę od wyjścia i bez obciążenia ustawiamy za pomocą PR1 napięcie 14,5V. Gdyby układ nieobciążony zaczął się podwzbudzać (słysząc wtedy charakterystyczny szum w transformatorze), należy wymienić kondensatory C10 i C11 na inny typ lub próbować zwiększyć pojemność C9 do np. 82nF. Wartość stabilizowanego prądu można określić poprzez dobór R3, najlepiej poprzez dolutowanie dodatkowego rezystora równoległego od strony druku. Nie należy jednak przesadzać, różnica prądu ładowania o 20% ma w praktyce niewielkie znaczenie. W przypadku jakichkolwiek problemów z niepoprawną pracą układu należy skontrolować kształt napięcia na źródle T1. Do analizy wykresu z pewnością przyda się lektura ostatnio publikowanych w EP artykułów o zasilaczach impulsowych.

Gotowy i uruchomiony układ należy zamknąć w metalowej, przewiewnej obudowie. Podłączenie do sieci należy wykonać kablem trzyżyłowym, łącząc z nią przewód zerowania (zielonożółty). Na płytce drukowanej nie umieszczono klasycznego filtru przeciwzakłóceniewego, gdyby układ sprawiał problemy w tym zakresie, filtr taki można włączyć przed prostownikiem.

**Robert Magdziak, AVT**

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

(1/8 W o ile nie podano inaczej):  
 R1: 4,7Ω/2W drutowy lub lepiej termistor NTC 10Ω/2W  
 R2: 180kΩ/1W (270K w przypadku użycia UC3844A)  
 R3: 0,82Ω/1W (nie drutowy!)  
 R4: 1kΩ  
 R5: 8,2kΩ  
 R6: 3kΩ  
 R7: 18kΩ  
 R8: 47Ω/0,5W  
 R9: 220Ω  
 R10: 9,1kΩ  
 R11: 2kΩ  
 R12: 150Ω/2W  
 R13: 100kΩ  
 R14: 2,4kΩ/0,25W  
 R15: 1MΩ  
 PR1: 1kΩ, PR wieloobrotowy stojący ze śrubą w pionie

### Kondensatory

C1, C3: 47..100 nF/400V  
 C2: 100µF/350V  
 C4: 100µF/35V  
 C5: 100nF/63V  
 C6: 22nF/63V foliowy  
 C7: 2,2nF/63V foliowy, styrofleksowy lub poliestrowy  
 C8: 470pF/63V ceramiczny  
 C9: 68nF/63V foliowy, styrofleksowy lub poliestrowy  
 C10, C11: 470µF/25V niski ESR

### Półprzewodniki

D1, D3, D4: BA157  
 D2: 1N6280 (24V, 1500W<sub>p-k</sub> transient suppressor)  
 D5: BA159  
 D6: MBR1545CT  
 D7: TL431 (obudowa TO-92)  
 M1: mostek okrągły 1A/400V np. B380C1000  
 O1: 6N135 (Hewlett-Packard)  
 T1: BUZ80, BUZ80A, ewentualnie BUZ308, BUZ355  
 U1: UC3844

### Różne

Tr1: rdzeń ETD34 (Polfer, Philips) bez szczeliny, uzwojenia według opisu w tekście, karkas ETD34 Polfer  
 Dł1: 150µH - np. Polfer DSp70.10-151K lub DEp10.12-151K  
 Dł2: rdzeń kubkowy M-30/19 AL-400-F2001 oraz karkas, indukcyjności 60µH, można również użyć gotowego dławika 60µH na prąd 6A np. Coilcraft DMT2-79-6.0  
 Podstawka DIP-8, bezpiecznik 2A wraz z oprawką do zamocowania w obudowie.