



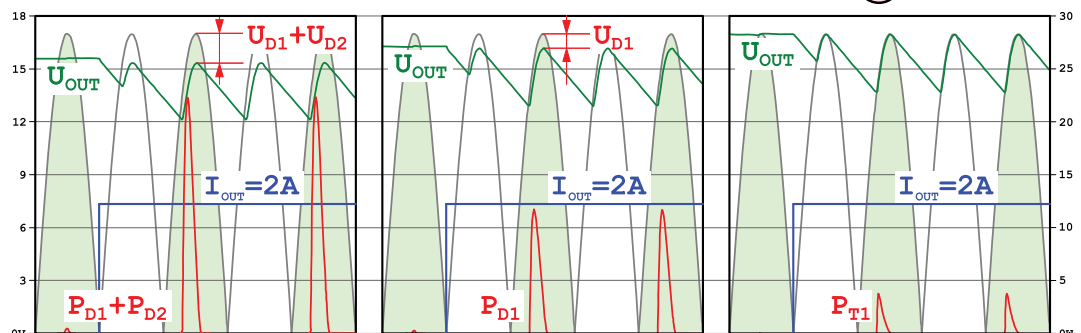
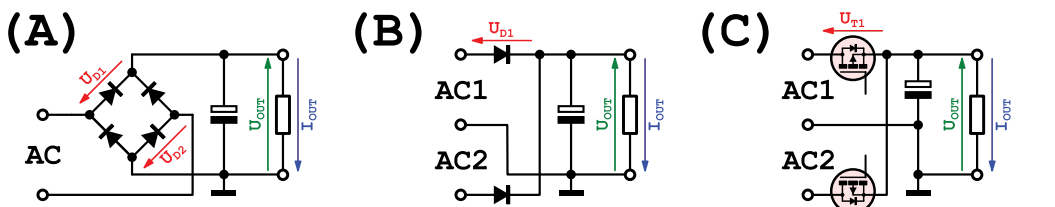
Prostownik o zmniejszonej mocy strat

Do zasilania obciążenia o charakterze rezystancyjnym warto rozważyć zastosowanie prezentowanego prostownika synchronicznego w celu polepszenia bilansu energetycznego, tj. zmniejszenia mocy zamienianej na ciepło.

Do czego to służy?

Możliwość redukcji straty mocy w prostownikach jest często niedoceniana w kontekście bilansu energetycznego projektowanego urządzenia. Straty takie, mimo że często nie są duże, mają charakter wody kapiącej z kranu. Kropla do kropli i zużycie wody w dłuższej perspektywie czasowej jest znaczące, co oczywiście przekłada się na wysokość rachunku za zużycie wody. W przypadku urządzenia elektronicznego straty przekładają się oczywiście na rachunek za energię elektryczną. Na rysunku 1 przedstawiono porównanie mocy strat ciepłych w różnych typach prostowników przy tym samym prądzie obciążenia. Największe straty mocy występują na prostowniku pełnokresowym Graetza (A), gdzie prąd podczas półokresu płynie jednocześnie przez dwie diody i moc tracona wynosi $P=I_{D1} \cdot U_{D1} + I_{D2} \cdot U_{D2}$. Redukcję strat o połowę (przy tym samym prądzie obciążenia) można osiągnąć, wykorzystując transformator o dwóch identycznych uzwojeniach wtórnych, gdzie podczas półokresu prąd płynie przez jedną diodę

Rys. 1

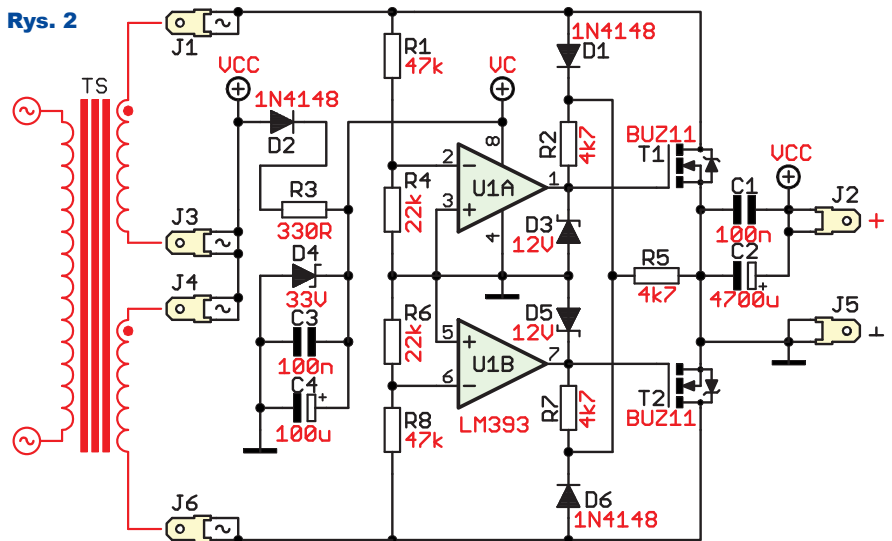


szere straty niż w układach diodowych można uzyskać, stosując kluczowane synchronicznie tranzystory MOSFET o znikomej rezystancji otwarcia $R_{DS} (C)$. Moc tracona w takim przypadku wynosi $P=I^2 \cdot R_{DS}$. Na otwartym BUZ11 przy prądzie 5A wydzieli się około 0,5W ciepła, co jest

wartością kilkakrotnie mniejszą, w porównaniu do strat diody o napięciu przewodzenia $U_F=1V$ przy identycznym prądzie. Prezentowany prostownik mimo



Rys. 2



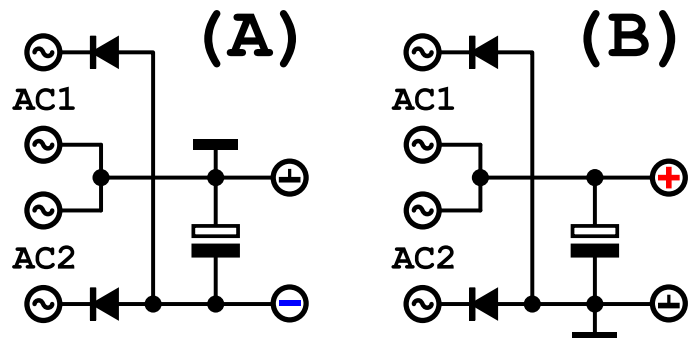
większej komplikacji układowej, wymogu stosowania transformatora sieciowego o dwóch uzwojeniach wtórnych i pewnych ograniczeń może znaleźć szereg zastosowań. Przykładowo układ można wykorzystać do zasilania kilku wysoko sprawnych impulsowych źródeł prądowych (przykładowo sterownik LED PT4115 może mieć sprawność zbliżoną do 97%) sterujących prądem LED, zmniejszając straty całości o ciepło, które by się wydzielalo na diodach klasycznego prostownika. Chcąc zasilac obciążenie „łatwe”, tj. o charakterze rezystancyjnym, warto rozważyć zastosowanie prezentowanego prostownika w celu zmniejszenia mocy strat.

Jak to działa?

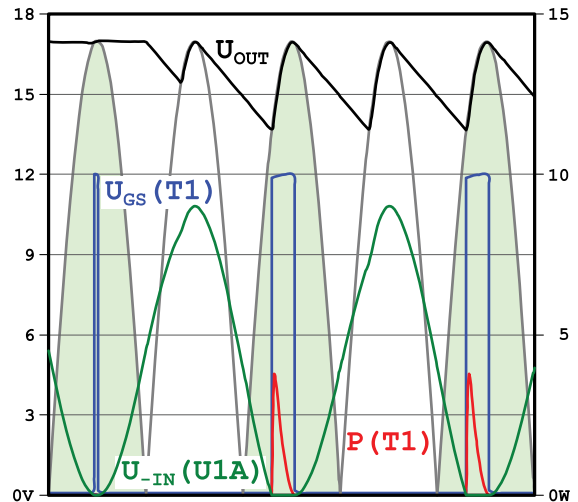
Schemat prostownika widoczny jest na **rysunku 2**. Mimo znacznego postępu technologicznego w ulepszaniu parametrów tranzystorów MOSFET z kanałem P są one nadal droższe od MOSFET-ów z kanałem N o porównywalnych parametrach. Dlatego w urządzeniu jako klucze T1, T2 zastosowano tranzystory z kanałem N (BUZ11). Ze względu na wewnętrzną diodę (jest to de facto dioda Zenera) tranzystory te są włączone

niejako odwrotnie (prąd płynie w nich w „niewłaściwym” kierunku), co jednak nie przeszkadza w ich poprawnym sterowaniu. Jeżeli napięcie sterujące bramką w odniesieniu do źródła jest wystarczające do otwarcia tran-

zystora, to przepływ prądu jest zależny tylko od polaryzacji źródła i drenu. By uniknąć stosowania pomp ładunkowych do sterowania bramkami, układ jest odpowiednikiem dwupołkowego prostownika dwupołkowego „wytwarzającego” napięcie ujemne względem wspólnego odczepu transformatora – **rysunek 3(A)**. **Rysunek 3(B)** obrazuje przyjętą w dalszym opisie konwencję punktu odniesienia, tj. masy (wspólny odczep transformatora jest traktowany jako plus wyjścia zasilania). Diody D1, D6 i rezystory R2, R7 zapewniają napięcie polaryzacji bramek kluczy T1, T2 potrzebne do ich naprzemiennego otwierania, niezależnie od połowki napięcia z uzwojeń wtórnych transformatora. Diody Zenera D3, D5 zabezpieczają klucze przed przekroczeniem katalogowego napięcia U_{GS} . Za synchronizację, tj. naprzemienne załączanie kluczy w takt napięcia przemiennego z uzwojenia transformatora, odpowiadają dwa komparatory z wyjściem otwarty kolektor zawarte w układzie U1 (LM393). Wejścia nieodwracające obu komparatorów połączone są z masą układu. Do wejścia odwracającego U1A dołączone jest napięcie z dzielnika R1, R4. Analogicznie napięcie z dzielnika R6, R8 dołączone jest do wejścia odwracającego U1B. Dzielniki gwa-



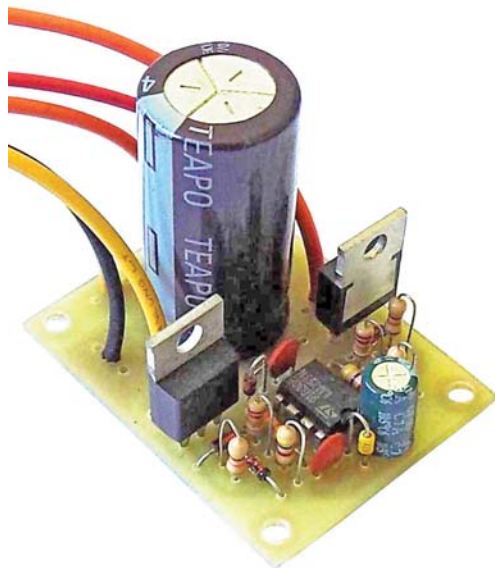
Rys. 3



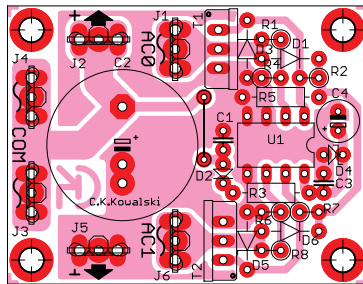
Rys. 4

rantują, że dodatnie napięcia na wejściach odwracających zawsze będą w zakresie napięć wejściowych komparatorów, tj. poniżej dodatniego napięcia zasilania. Wejścia komparatorów mogą pracować poprawnie przy potencjale zbliżonym do ujemnego napięcia zasilania U1 (a nawet mniejszym, w LM393 nie występuje zjawisko tzw. inwersji). W półokresie, gdy napięcie na złączu J1 rośnie, na złączu J6 maleje. W takiej sytuacji napięcie polaryzacji bramek kluczy zapewnia D1. Proporcjonalnie do napięcia na J1 napięcie na wejściu odwracającym (2) U1A jest większe od potencjału (masy) na wejściu nieodwracającym (3). Wyjście U1A jest ściągnięte do masy i tym samym klucz T1 nie przewodzi. Jeżeli tylko potencjał na kondensatorze filtrującym C2 (względem plusa) będzie większy od napięcia

R E K L A M A



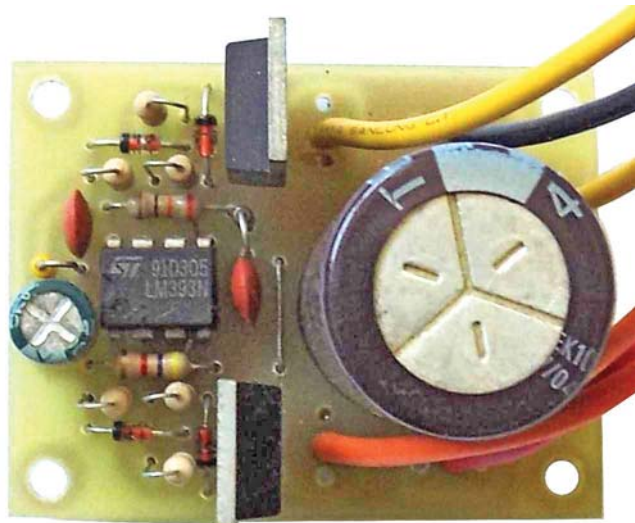
na J6, to w pierwszej chwili zacznie przewodzić parazytowa struktura diodowa T2. Powstały na niej spadek napięcia jest wystarczający, by na wejściu odwracającym U1B potencjał spadł poniżej potencjału na wejściu nieodwracającym (masy). Zatkany tranzystor wyjściowy U1B powoduje spolaryzowanie bramki T2 z R7, powodując



Rys. 5

jego otwarcie i przepływ prądu ładującego C2. Spadek napięcia na rezystancji R_{DS} T2, choć niewielki, jest wystarczający do utrzymania otwarcia T2 przez U1B tylko do czasu naładowania C2 (przed zakończeniem trwającego półokresu). W kolejnym półokresie sytuacja jest odwrotna, zatkany jest T2 i gdy tylko potencjał na J1 jest wystarczający, by ładować C2, otwierany jest T1. W zasadzie rezystor R5 nie jest potrzebny, teoretycznie zapewnia rozładowanie obu bramek kluczy do masy, gdy oba wyjścia komparatora są w stanie wysokiej impedancji. Zapewnia też większą stabilność układu bez zamontowanej pojemności C2. Zasilanie U1 zapewnia dioda D2 wraz z kondensatorami C3, C4. Rezystor

R3 z diodą Zenera D4 zabezpiecza U1 przed przekroczeniem maksymalnego dozwolonego napięcia zasilania U1. Kluczowe przebiegi (w odniesieniu do masy) dla jednej połówki okresu sieciowego (kluczowanie T1) widać na **rysunku 4**, przy czym dla większej czytelności przebiegi sinusoidalne napięć wejściowych odniesione są do VCC, tj. wspólnego odczepu transformatora. Jako że do synchronizacji kluczy MOSFET zastosowano komparatory napięciowe i ewentualne przesunięcie prądu względem napięcia nie jest uwzględniane, prostownik nadaje się jedynie do „łatwych” obciążeń rezystancyjnych. W przypadku obciążenia indukcyjnego nie ma gwarancji jego poprawnej pracy.



czyć stosownym bezpiecznikiem. Dodatkowym zabezpieczeniem układu mogą być zamontowane równolegle do uzwojeń wtórnych TS dwukierunkowe diody transil o napięciu większym od napięcia uzwojenia wtórnego i mniejszym od napięcia U_{DSmax} T1, T2. Przekrój zastosowanych w „okablowaniu” przewodów powinien być odpowiedni do płynących przez nie maksymalnych prądów. Uruchomienie po włączeniu zasilania sprawdza się do skontrolowania napięcia wyjściowego bez i z dołączonym przewidywanym obciążeniem. Przy większym zakładanym prądzie należy zwiększyć pojemność filtrującą przez dołączenie do wyjścia układu (najkrótszymi przewodami jak to możliwe o relatywnie dużym przekroju) kondensatora lub baterii kondensatorów. Wtedy przewody wyjściowe należy wyprowadzić z nóżek dodatkowych kondensatorów. Na tranzystorach T1, T2 przy prądach pobieranych rzędu 5A wydzieli się moc strat mniejsza od 0,5W na każdym. Taką moc obudowa TO220 z łatwością rozproszy bez radiatora.

Wykaz elementów

R3	330Ω
R2,R5,R7	4,7kΩ
R4,R6	22kΩ
R1,R8	47kΩ
C1,C3	100nF ceramiczny
C4	100uF/35V
C2	4700uF/35V
D1,D2,D6	1N4148
D3,D5	12V Zenera
D4	33V Zenera
T1,T2	BUZ11
U1	LM393
J1,J2,J3,J4,J5,J6	konektor męski 6,3mm pionowy do THT

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3221

Montaż i uruchomienie

Jednowarstwowy obwód drukowany widoczny jest na **rysunku 5**. Montaż w uprzednio sprawdzonej płytce należy rozpocząć od wlutowania jednej zwory. Kolejne elementy warto montować w kolejności od najmniejszych do największych. Układ poprawnie zmontowany ze sprawnych elementów w zasadzie nie wymaga czynności regulacyjnych, a jedynie dołączenia uzwojeń wtórnych transformatora sieciowego (przez stosowne, zależne od wydajności prądowej bezpieczniki topikowe zwłoczne). Uzwojenie pierwotne należy również zabezpie-

Cyprian Kamil Kowalski
c4v2@o2.pl