

# Zasilacz beztransfornatorowy

## Do czego to służy?

Tytuł projektu wyjaśnia wszystko – chodzi o zasilacz, w którym zamiast transformatora zastosowano kondensator ograniczający prąd. Należy dodać, że niniejszy artykuł powstał pod wpływem licznych próśb. Wielu Czytelników prosiło o wyczerpujące omówienie tematu prostych zasilaczy beztransfornatorowych.

Zasilacze beztransfornatorowe mają specyficzne cechy, które trzeba znać i uwzględnić. Przede wszystkim charakteryzują się niewielką wydajnością prądową, nie większą niż 100mA. Po drugie, nawet drobne błędy montażowe mogą spowodować uszkodzenie elementów, a nawet ich eksplozję.

Co bardzo istotne, zasilacze takie nie zapewniają oddzielenia galwanicznego od sieci. Oznacza to, że na elementach zasilacza i, co ważniejsze – na zasilanym układzie, może występować pełne napięcie sieci energetycznej. Napięcie to jest groźne dla życia i zdrowia. Prezentowany bardzo prosty projekt oznaczono trzema gwiazdkami właśnie ze względu na niebezpieczeństwo porażenia. Niniejszy układ w żadnym wypadku nie jest przeznaczony dla początkujących, a jedynie dla doświadczonych elektroników, dobrze znających obowiązujące przepisy bezpieczeństwa.

Zasilacze beztransfornatorowe są częstym obiektem zainteresowania amatorów, bo są nieco tańsze od klasycznych. Właśnie ze względu na ryzyko śmiertelnego porażenia (podczas uruchamiania układu a także podczas normalnego użytkowania) w wielu wypadkach należy jednak zastosować klasyczny zasilacz z transformatorem, a nie oszczędzać dosłownie 2...4zł różnicy w cenie transformatora i kondensatorów szeregowych. Klasyczny zasilacz z niewielkim transformatorem, nawet najmniejszym TS2/XX, dostarczy więcej prądu, a co najważniejsze, zapewni skuteczne oddzielenie galwaniczne zasilanego układu od sieci energetycznej.

## Jak to działa?

Schemat ideowy typowego zasilacza beztransfornatorowego pokazany jest na rysunku 1. Rola prostownika mostkowego D1...D4 oraz kondensatora filtrującego C1 jest oczywista.

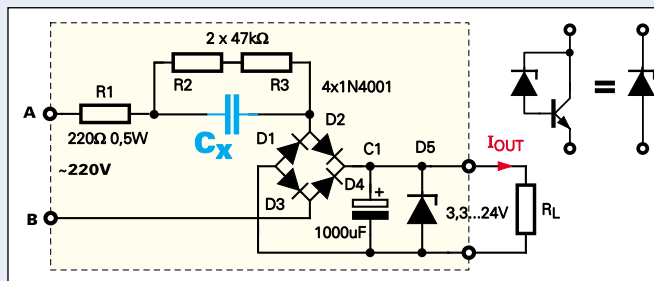
Kluczowym elementem jest kondensator Cx. Kondensator ten ma jakąś oporność (reak-



tancję pojemnościową) i to on wyznacza wydajność prądową zasilacza, czyli maksymalną wartość prądu  $I_{OUT}$ . Czym większa pojemność, tym mniejsza reakcja i tym więcej prądu można pobrać z zasilacza. Dzięki przesunięciu między prądem a napięciem w kondensatorze nie wydziela się moc strat. Gdyby zamiast kondensatora zastosować rezystor, wydzielałaby się w nim niepotrzebnie znaczna moc (np. przy prądzie 50mA ponad 10W).

W układzie należy stosować kondensator Cx przeznaczony do pracy przy napięciu zmiennym 220V.

Rys. 1



Absolutnie nie nadają się tu popularne kondensatory foliowe MKT (stare krajowe MKSE) o napięciu nominalnym 250V. Napięcie nominalne dotyczy chwilowej wartości napięcia stałego, a jak wiadomo wartość szczytowa przebiegu sieci znacznie przekracza 300V. W zasilaczach beztransfornatorowych najczęściej stosuje się kondensatory polipropylenowe (MKP, stare krajowe KFPM) o napięciu nominalnym 400V. Można też wykorzystać popularne kondensatory poliestrowe (MKT, stare krajowe MKSE), ale na napięcie nie niższe niż 630V.

Niewielki rezystor szeregowy R1 jest konieczny, bo zabezpiecza diody w przypadku

gdy układ zostaje dołączony do sieci w chwili, gdy chwilowa wartość napięcia przekracza 300V. Bez rezystora R1 przez diody i puste kondensatory Cx, C1 popłynąłby przez chwilę bardzo duży prąd o wartości ograniczonej jedynie rezystancjami połączeń. Rezystor R1 ograniczy ten impuls do wartości co najwyżej kilku amperów, bezpiecznej dla diod typu 1N400X. Przy prądach większych niż 25mA należy obliczyć moc wydzielaną w tym rezystorze ( $P=I^2R1$ ) i zastosować rezystor o odpowiedniej obciążalności. W każdym przypadku powinien to być rezystor o obciążalności co najmniej 0,5W, także ze względu na fakt, że w chwili włączenia do sieci na chwilę może się na nim pojawić pełne napięcie sieci.

Obowiązkowo trzeba też zastosować rezystor lub lepiej rezystory R2, R3. Ich zadaniem jest rozładować kondensator Cx po odłączeniu zasilacza od sieci. Bez nich, utrzymujący się długo ładunek na Cx może spowodować nieprzyjemny uder przy dotknięciu punktów A, B (bolców wtyku sieciowego). W czasie pracy występuje na nich napięcie bliskie napięciu sieci, stąd połączenie szeregowo dwóch małych rezystorów. Przy okazji rezystory te zwiększają nieco wydajność prądową zasilacza.

Diody Zenera D5 (lub podobny układ ograniczający napięcie) też jest bezwzględnie konieczna. Nie tylko wyznacza ona potrzebne w danym przypadku napięcie wyjściowe. Trzeba pamiętać, że przy braku obciążenia  $R_L$ , a także przy mniejszym obciążeniu wyjścia napięcie wyjściowe wzrastałoby nadmiernie i doprowadziłoby do eksplozji C1. Przy braku

obciążenia  $R_L$  cały prąd płynie przez diodę D5 i wydziela się na niej największa moc strat. Przy większych prądach, zamiast popularnych diod Zenera o mocy strat 0,4W, należy stosować diody o mocy 1,3W lub połączenie diody i tranzystora, pokazane na rysunku 1.

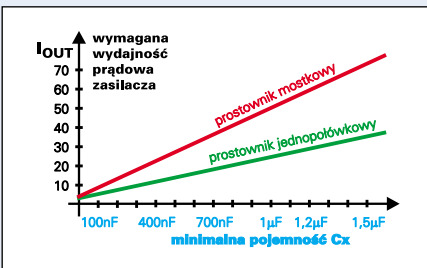
### Kondensator Cx

Konstruktor, który świadomy ograniczeń i niebezpieczeństw zdecyduje się na zastosowanie zasilacza beztransformatorowego potrzebuje informacji o wydajności prądowej w zależności od pojemności  $C_x$ . Tabela 1 zawiera zmierzone wartości prądów dla różnych wartości  $C_x$ .

Pojemność nominalna	Pojemność zmierzona	Prąd przy 220V [mA]	Prąd przy 190V [mA]
0	0	1,9	1,6
33nF	33,3nF	2,78	2,38
68nF	67,7nF	4,63	3,95
100	107nF	6,81	5,82
220nF	210nF	12,6	10,9
330nF	330nF	19,2	16,5
470nF	473nF	27,3	23,2
680nF	678nF	38,4	33,1
1uF	1,02uF	57,8	49,4
1,5uF	1,56uF	86,7	74,5

Należy zwrócić uwagę na rubrykę zawierającą dane uzyskane przy obniżonym do 190V napięciu sieci – przecież napięcie sieci może być znacznie mniejsze od nominalnego, a zasilany układ musi nadal poprawnie pracować. Na podstawie danych z tabeli powstał rysunek 2, który okaże się pomocny przy doborze pojemności kondensatora  $C_x$  w zależności od potrzebnego prądu.

Rys. 2

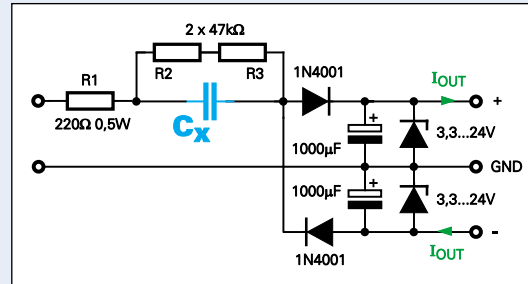


Dane z tabeli 1 i czerwona linia na rysunku 2 dotyczą układu z prostownikiem dwupółkowym według rysunku 1.

Zasilacz o takiej konfiguracji ma jednak właściwości uniemożliwiające wykorzystanie go na przykład w układzie bezpośredniego sterowania triaka. Jeśli zasilacz ma współpracować z triakiem, jedna z linii sieci musi być połączona z elektrodą A1 triaka. Kiedy indziej potrzebne będzie napięcie symetryczne. Wtedy można wykonać zasilacz według rysunku 3. Zielona linia na rysunku 2 dotyczy prostownika jednopółkowego wg rysunku 3.

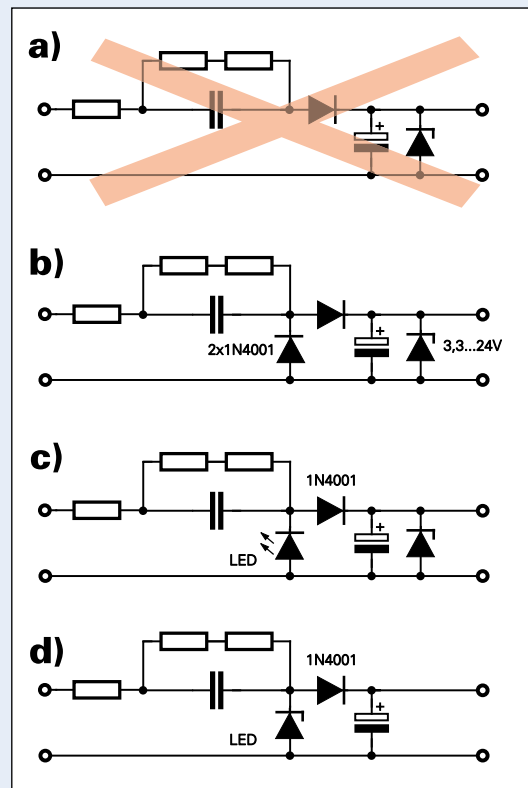
Zasilacze beztransformatorowe budowane są w różnych odmianach. Nie zawsze potrzebne jest napięcie symetryczne. Jednak w żadnym wypadku nie można zastosować

prostownika z jedną diodą według rysunku 4a. Układ nie będzie w ogóle pracował, ponieważ kondensator  $C_x$  raz naładowany nie będzie się mógł rozładować. W każdym przypadku konieczne jest wykorzystanie obu połówek sieci, na przykład według rysunków 4b...4d.



Rys. 3

Rys. 4



Wyjaśnienia wymaga jeszcze sprawa zależności wydajności prądowej od napięcia wyjściowego.

Ponieważ napięcie wyjściowe jest przynajmniej 10-krotnie mniejsze od napięcia sieci (a oporność  $C_x$  jest co najmniej 10-krotnie większa od wypadkowej oporności obciążenia), wydajność prądowa zależy głównie od pojemności  $C_x$  oraz napięcia, a niewiele od napięcia wyjściowego. Zasilacz zachowuje się jak (słabej jakości) źródło prądowe. Oznacza to, że linie z rysunku 3 można śmiało wykorzystać, gdy napięcie wyjściowe nie przekracza 12V. Gdyby miało być większe, należy zwiększyć o kilka procent pojemność kondensatora  $C_x$ .

Pomimo zastosowania diod Zenera, pokazane zasilacze mają stosunkowo duże tętnienia. Tętnienia zależą od pojemności  $C_1$ , dlatego na rysunku 1 zaproponowano kondensator o pojemności aż 1000μF. Jeśli trzeba, do wszystkich pokazanych układów można dodać stabilizator, na przykład z rodziny 78XX czy "ujemny" z rodziny 79XX, pamiętając, że sam stabilizator pobiera około 5mA prądu. Można wtedy zastosować kondensator filtrujący o znacznie mniejszej pojemności. Aby w żadnym wypadku nie dopuścić do nadmiernego wzrostu napięcia na  $C_1$ , należy zawsze stosować dodatkową diodę Zenera według rysunku 5a lub 5b. Napięcie tej diody powinno być co najmniej 6...12V większe od napięcia wyjściowego stabilizatora.

### Montaż i uruchomienie

**Na elementach zasilaczy beztransformatorowych oraz na zasilanych nimi układach występuje pełne napięcie sieci energetycznej, które jest groźne dla życia i zdrowia.**

**W żadnym wypadku nie są to układy przeznaczone dla początkujących, w szczególności niewykwalifikowanych, młodych hobbystów.**

Testowany model zmontowano w postaci "pająka". Zazwyczaj beztransformatorowe zasilacze będą montowane na płytkach wraz z zasilanym układem. Przy projektowaniu płytki należy zwrócić uwagę na odstęp między ścieżkami (punktami), między którymi występuje napięcie sieci. Odległości te nie powinny być mniejsze niż 1mm.

*Ciąg dalszy na stronie 88*

### Wykaz elementów

(zasilacz wg rysunku 1)

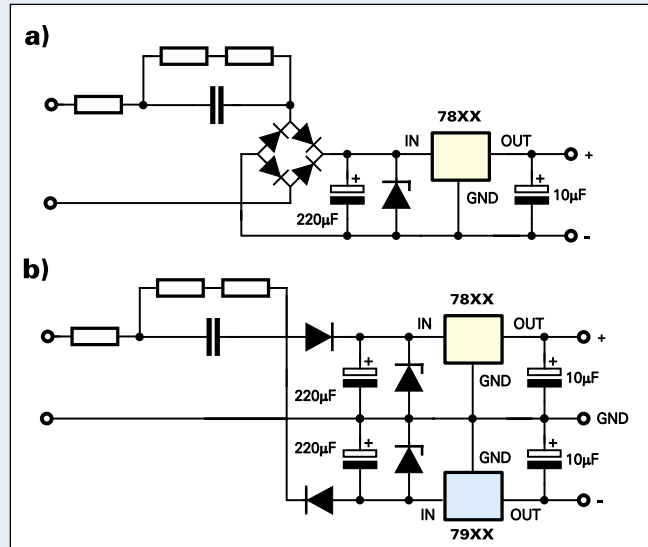
- R1 .....220Ω 0,5W
- R2,R3 .....47kΩ
- C1 .....220...1000μF
- Cx .....wg rysunku 2
- D1...D4 .....1N4001...7
- D5 .....według potrzeb 3,3...24V

Po zmontowaniu zasilacza należy wyjątkowo starannie skontrolować poprawność montażu. Błąd może zaowocować uszkodzeniem elementów, a nawet ich wybuchem.

Podczas uruchamiania i testowania układu zasilanego w opisywany sposób trzeba zachowywać wyjątkową ostrożność – dotknięcie dowolnego punktu takiego układu może skończyć się porażeniem i śmiercią. Niebezpieczeństwo dotyczy także wszelkich dołączonych przyrządów pomiarowych, np. oscyloskop, generator, itp., niezależnie od tego, czy mają one wtyczkę z obwodem ochronnym (tzw. uziemieniem), czy też nie.

Dlatego zasilacze beztransformatorych w żadnym wypadku nie powinni wykorzystywać młodzi, niedoświadczeni hobbysci. Są to układy przeznaczone dla zaawansowanych elektroników, dobrze znających przepisy dotyczące bezpieczeństwa.

Piotr Górecki



Rys. 5