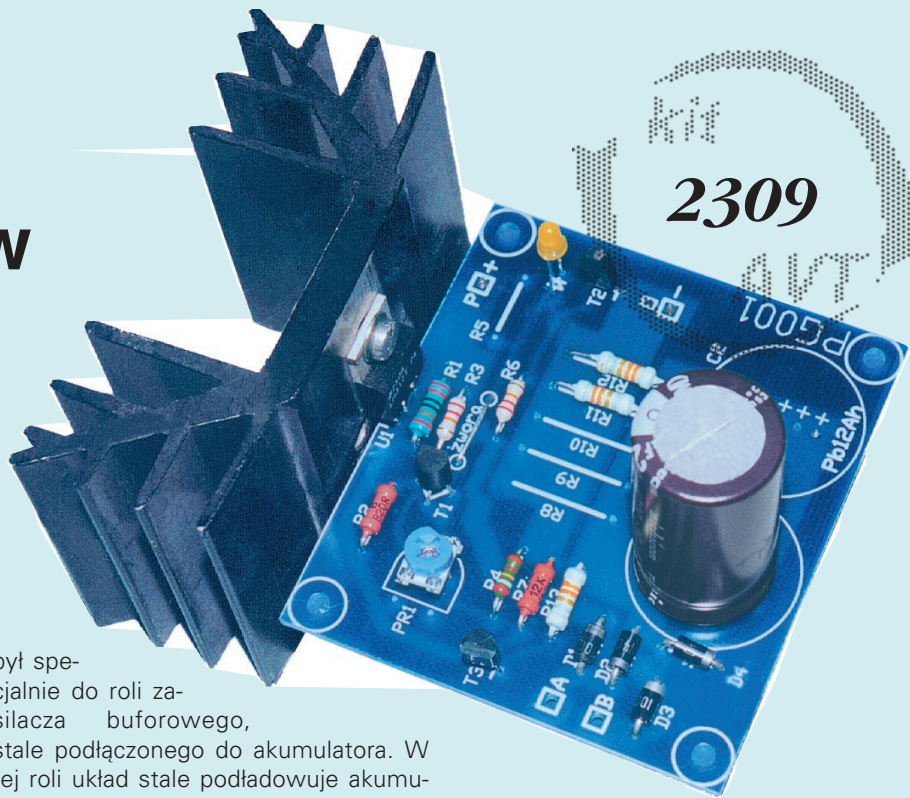


# Ładowarka akumulatorów żelowych Zasilacz buforowy



## Do czego to służy?

Opisane urządzenie zostało opracowane wskutek licznych prób naszych Czytelników. Upominają się oni o wszelkie układy do ładowania akumulatorów. Układ ładowania akumulatorów niklowo-kadmowych z układem U2400 zaspokoił potrzeby tych wszystkich, którzy chcą w ściśle kontrolowany sposób ładować swoje akumulatory zasadowe NiCd i NiMH. Otrzymaliśmy szereg informacji nie tylko o praktycznym wykorzystaniu opisanego przez nas układu, ale też doniesienia o samodzielnie przeprowadzonych modyfikacjach, dostosowujących układ do indywidualnych potrzeb. Naprawdę cieszymy się, że materiał z EdW pomógł rozwiązać problem wielu z Was.

Niemniej jednak otrzymujemy listy od posiadaczy akumulatorów kwasowych, którzy domagają się układu do ich ładowania. W niedalekiej przyszłości planujemy zaprezentowanie dużego prostownika do akumulatorów o pojemności 15...150Ah, a w tym numerze przedstawiamy prosty i tani układ przeznaczony do akumulatorów o mniejszych pojemnościach, zwłaszcza do nowoczesnych, szczelnych akumulatorów przeznaczonych do wszelkiego rodzaju urządzeń alarmowych, UPS-ów, itp.

Urządzenie przeznaczone jest do pracy przy prądzie ładowania 0,1 A do 1A, co jest wartością wystarczającą dla akumulatorów o pojemności do 1,2...20Ah. W wersji podstawowej układ przeznaczony jest dla akumulatorów o napięciu nominalnym 12V, ale bez problemów można go dostosować do akumulatorów o napięciu 6V czy nawet 4V.

Układ jest prosty, tani, a jednocześnie ma bardzo dobre parametry (dzięki zastosowaniu scalonego stabilizatora). Wykorzystana konfiguracja skutecznie zapobiega przeładowaniu akumulatora, nawet przy podłączeniu go na dowolnie długi okres czasu. Układ projektowany

był specjalnie do roli zasilacza buforowego, stale podłączonego do akumulatora. W tej roli układ stale podładowuje akumulator niewielkim prądem konserwującym, w razie poboru większego prądu służy jako dodatkowe źródło prądu o wydajności do 1...1,5A, natomiast w przypadku wyładowania akumulatora (np. po zaniku napięcia sieci 220V), ładuje go prądem nominalnym.

Uwaga! Zastosowana w tym układzie koncepcja ładowania, pracy buforowej i stałego podładowywania dobrze sprawdza się w przypadku akumulatorów kwasowych, mających w przybliżeniu liniową zależność napięcia od stanu naładowania. Akumulatory zasadowe (niklowo-kadmowe i wodorkowe) nie wykazują takiej zależności w dostatecznym stopniu, a mają inne specyficzne cechy (np. efekt pamięciowy), dlatego opisany układ nie jest zalecany do pracy w charakterze zasilacza buforowego dla zestawu akumulatorów zasadowych. W zasadzie może on być stosowany do wszelkich akumulatorów, ale wtedy trzeba we własnym zakresie sprawdzić, czy taki rodzaj pracy sprawdzi się w przypadku akumulatorów zasadowych, zwłaszcza niklowo-kadmowych, których niektóre egzemplarze mogą wykazywać silny efekt pamięciowy.

Opisany układ ładuje pusty akumulator jakimś prądem nominalnym, ustalonym przez użytkownika. Gdy w trakcie ładowania napięcie na zaciskach akumulatora wzrośnie, prąd ładowania zostanie zmniejszony. Odpowiednie dobranie napięcia „nominalnego” ładowarki skutecznie zabezpieczy akumulator przed przeładowaniem. Jest to tryb ładowania najpierw przy stałym prądzie, potem przy stałym napięciu. Bliższe szczegóły na temat takiego sposobu ładowania podane są w EdW 10 i 11/96, gdzie wy-

czerpująco omówiono właściwości akumulatorów kwasowych.

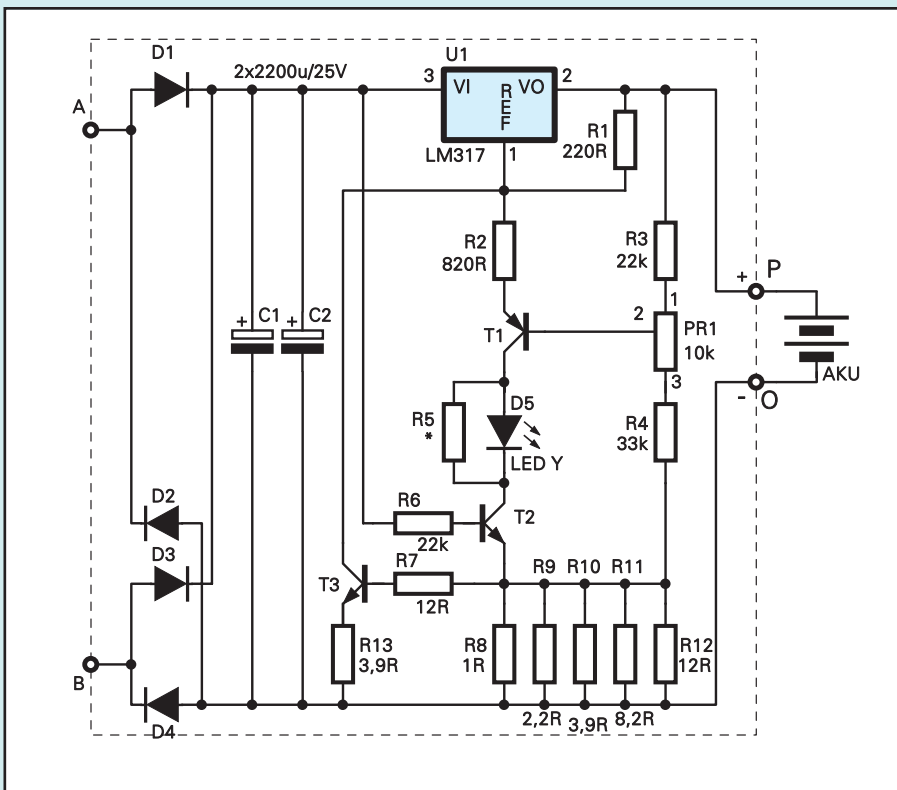
Warunkiem skuteczności tego sposobu ładowania jest jednoznaczna zależność napięcia akumulatora od stanu naładowania. Zależność taką mają nie tylko akumulatory kwasowe, ale również nowoczesne akumulatory litowe. Oczywiście po dobraniu odpowiedniego napięcia pracy, prezentowany układ znakomicie nadaje się do współpracy z akumulatorami litowymi, jednak w praktyce okaże się, że posiadacze takich nowoczesnych akumulatorów (np. od kamer wideo) wraz z akumulatorem zakupią też firmową ładowarkę.

## Jak to działa?

Ogromna ilość popularnych prostowników ładuje akumulator prądem tętniącym - wyprostowanym przebiegiem sieci 50Hz. W opisywanym układzie zastosowano prosty, ale bardzo skuteczny układ automatyki zapobiegający przeładowaniu. Dla optymalnej pracy tego układu pożądane jest, by układ pracował z napięciami i prądami filtrowanymi. Tym samym układ jest w rzeczywistości precyzyjnym stabilizatorem i może być z powodzeniem wykorzystywany w tej roli.

Schemat ideowy układu pokazany jest na **rysunku 1**. Mostek diod D1-D4 oraz kondensatory C1, C2 zapewniają napięcie stałe, dobrze filtrowane, niezbędne do pracy stabilizatora.

Sam układ ładowania składa się właściwie z dwóch głównych bloków - układu kontroli napięcia ze stabilizatorem U1 oraz układu kontroli prądu maksymalnego z tranzystorem T3. Jest to więc pre-



Rys. 1

czyjny stabilizator napięcia z układem ograniczania prądu.

Generalnie układ pracuje następująco. Gdy akumulator jest rozładowany i jego napięcie jest mniejsze niż napięcie stabilizacji ustalone potencjometrem PR1, wtedy stabilizator U1 jest otwarty (niejako chce zwiększyć to napięcie zwiększając prąd). W każdym razie stabilizator jest otwarty, płynie znaczny prąd, a na akumulatorze napięcie jest mimo to mniejsze od napięcia „nominalnego” stabilizatora U1, ustalonego przez R1. Jaki płynie prąd? Co prawda układ LM317 posiada obwód ograniczania prądu, ale prąd maksymalny mógłby sięgnąć 2A lub nawet więcej. Aby akumulator był ładowany mniejszym prądem, odpowiednim dla swej pojemności, dodano obwód z tranzystorem T3. Wartość prądu ładowania wyznaczona jest sumaryczną rezystancją równoległego połączenia rezystorów R8...R12. Gdy spadek napięcia na tych rezystorach przekroczy 0,6...0,7V, tranzystor T3 zacznie się otwierać i obniży napięcie na wyprowadzeniu ADJ(ust.) stabilizatora U1, powodując zmniejszenie napięcia wyjściowego, a tym samym i prądu ładowania do takiej wartości, by spadek napięcia na rezystorach R8...R12 wynosił około 0,7V. W praktyce w układzie nie będą stosowane wszystkie rezystory R8...R12. Należy wlotować te rezystory, które zapewnią odpowiedni prąd ładowania. Oporności tych rezystorów są tak dobrane, aby z ich pomocą można

było ustalić prąd ładowania w zakresie 60mA do około 1,4A. Rezystor R13 jest potrzebny, by zmniejszyć wzmocnienie tranzystora T3 - bez tego rezystora układ mógłby się wzbudzić.

Reasumując - gdy akumulator jest rozładowany, układ ładuje go stałym prądem wyznaczonym przez wartości rezystorów R8...R12.

Napięcie na akumulatorze w trakcie ładowania będzie wzrastać. Ale nie będzie wzrastać w nieskończoność (aż do uszkodzenia akumulatora). Napięcie będzie wzrastać tylko do napięcia stabilizacji wyznaczonego przez PR1. Gdy napięcie na akumulatorze zbliży się do tego napięcia, prąd ładowania się zmniejszy. Wtedy obwód z rezystorami R8...R12 i tranzystorem T3 nie będzie ograniczał prądu, bo spadek napięcia na R8...R12 będzie mniejszy od napięcia otwierania tranzystora. Teraz prąd ładowania będzie wyznaczony przez właściwości akumulatora i napięcie ustalone z pomocą PR1. Można to sobie wyobrazić następująco - po naładowaniu akumulatora jego napięcie wyjściowe będzie równe napięciu „nominalnemu” stabilizatora, a przy takim napięciu przez niemal całkowicie naładowany akumulator będzie płynął jedynie jakiś niewielki prąd konserwujący.

W praktyce dla 12-woltowego akumulatora to napięcie „nominalne” stabilizatora będzie wynosić mniej więcej 13,6...14,4V. Na przykład w samochodach ustala się napięcie regulatora właś-

nie na 14,4V, jednak w zastosowaniach domowych, na przykład do bezprzerwowego zasilania centralki alarmowej, napięcie pracy buforowej będzie nieco niższe, zbliżone do 13,65V. Dalsze uwagi na ten temat są podane w dalszej części artykułu, a kompleksowo temat został omówiony w EdW 11/96 str. 63...67.

W układzie z rysunku 1 na uwagę zasługuje jeszcze obwód z tranzystorami T1, T2 i D5. Z zasady działania stabilizatora LM317, w czasie normalnej pracy napięcie między jego wyjściem a końcówką ADJ wynosi 1,23V. Zgodnie z katalogowymi wskazówkami dotyczącymi układu LM317, minimalny prąd obciążenia nie powinien być mniejszy niż 3,5mA. Rezystor R1 o wartości 220Ω zapewnia, że prąd ten wynosi ponad 5mA. Prąd ten płynie również przez rezystor R2, tranzystor T1, diodę świecącą D5 oraz tranzystor T2.

Tranzystor T1 nie pełni jedynie roli wtórnika (i transformatora impedancji) umożliwiającego dobór napięcia z pomocą dzielnika rezystorowego (R3, PR1, R4), przez który płynie niewielki prąd, znacznie mniejszy od wspomnianego wcześniej prądu minimalnego 3,5mA. Tranzystor T2 pełni tu dodatkowo bardzo ciekawą funkcję. Otóż jak wiadomo, napięcie baza-emiter tranzystora maleje z wzrostem temperatury mniej więcej 2mV na stopień Celsjusza. Nietrudno się domyślić, że wywołuje to zmiany napięcia wyjściowego ładowarki. Gdyby to był układ typowego stabilizatora laboratoryjnego, byłoby to niepotrzebne, a nawet niepożądane. Ale w układzie ładowarki akumulatorów kwasowych może być cenną zaletą. Otóż napięcie akumulatorów kwasowych maleje z temperaturą, aby więc układ ładowarki wręcz idealnie dopasować do tych zmian, należałoby wraz ze zmianami temperatury zmieniać napięcie „nominalne” ładowarki dokładnie tak, jak zmienia się napięcie akumulatora. I właśnie tę rolę pełni też tranzystor T1 wraz z dzielnikiem R3, PR1, R4 oraz rezystorami R2 i R1. Dzięki odpowiedniemu dobraniu tych rezystorów, napięcie „nominalne” ładowarki będzie się zmieniać nie ze współczynnikiem -2mV/°C, tylko na przykład -5...-8mV/°C, zalecanym przez niektórych producentów akumulatorów. Ten szczegół dla początkujących nie ma żadnego znaczenia, ponieważ wykorzystanie tej właściwości układu wymaga dobrego termicznego sprzężenia między akumulatorem a tranzystorem T1 pracującym w roli czujnika. Jedynie bardziej zaawansowani mogą to wykorzystać, dołączając T1 przewodami, zapewniając jego dobry kontakt termiczny z akumulatorem i ewentualnie dobierając rezystory R2, R3, R4, PR1 do

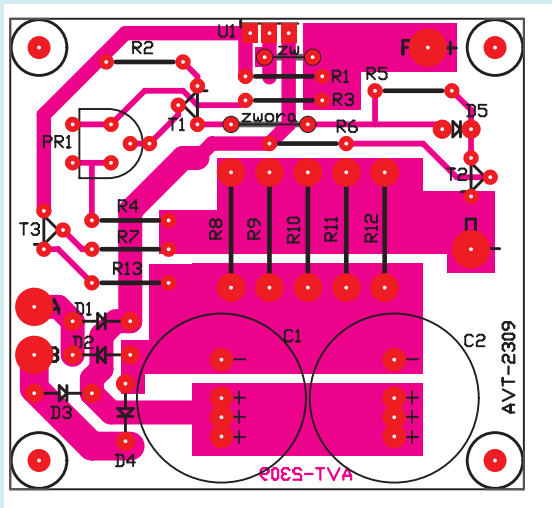
konkretnych potrzeb i współczynnika termicznego zalecanego przez producenta posiadanego akumulatora. Ale to naprawdę jest szczegół, którym początkujący nie muszą sobie zawracać głowy - układ w podstawowej wersji pokazanej na fotografii też dobrze spełni swą rolę.

Wyjaśnienia wymaga jeszcze obecność tranzystora T2. Pełni on rolę zabezpieczenia przed rozładowaniem akumulatora w przypadku zaniku napięcia sieci 220V. Brak napięcia na wejściu powoduje także wygaszenie diody D5 - jak z tego widać, dioda ta nie jest wskaźnikiem naładowania akumulatora - informuje tylko o tym, że akumulator „jest pod opieką” ładowarki. Układ nie ma żadnego wskaźnika naładowania, ale też z założenia wskaźnik taki nie jest potrzebny, bo akumulator nie zostanie przeładowany nawet przy ciągłym pozostawianiu „pod opieką” tej ładowarki. A stan jego naładowania można w prosty sposób sprawdzić, mierząc napięcie na nim - napięcie równe napięciu „nominalnemu” ładowarki wskazuje na naładowanie. Rezystor R5 w typowym układzie nie będzie stosowany - teoretycznie mógłby być wykorzystany do wygaszania diody D5 w przypadku gdy akumulator jest głęboko rozładowany.

## Montaż i uruchomienie

Montaż układu nie sprawi trudności. Jak widać z rysunku 2 (schemat montażowy) oraz fotografii, jedynym kłopotem może być znalezienie odpowiedniego radiatora. Jego wielkość wyznaczona jest przez moc strat stabilizatora U1 i będzie zależeć od maksymalnego prądu ładowania oraz napięcia na kondensatorach C1, C2. Radiator należy dobrać samodzielnie - najwięcej będzie się grzał w pierwszej fazie ładowania i może być wtedy bardzo gorący. Warto dodać, że

Rys. 2 Schemat motażowy



zbyt mały radiator nie spowoduje uszkodzenia układu - dzięki zabezpieczeniu termicznemu kostki LM317 spowoduje to jedynie zmniejszenie prądu ładowania.

Dla zmniejszenia strat warto zastosować taki transformator sieciowy, by napięcie na kondensatorach C1, C2 wyniosło 15,5...18V, nie więcej.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania, a jedynie regulacji napięcia wyjściowego oraz prądu ładowania. Napięcie ustawia się potencjometrem PR1. Napięcie na kondensatorach C1, C2 powinno przy tym wynosić nie mniej niż 15,5V, zamiast akumulatora można włączyć rezystor 1k $\Omega$ . Napięcie to powinno wynosić około 13,65V (2,275V/ogniwo) w przypadku, gdy ma to być zasilacz buforowy, na stałe połączony z akumulatorem. Jeśli natomiast ma to być ładowarka akumulatorów pracujących w innych urządzeniach, ładowanych po wyczerpaniu (praca cykliczna), należy ustawić napięcie większe 14...14,4V (do 2,4...2,5V/ogniwo).

Natomiast maksymalny prąd ładowania trzeba ustawić stosownie do pojemności akumulatora. Typowo będzie to prąd dziesięciogodzinny, a więc dla akumulatora o pojemności 10Ah - prąd 1A, dla pojemności 4,8Ah prąd 0,48A.

Wartość tego prądu wyznacza sumaryczna rezystancja rezystorów R8...R12. Zamiast żmudnie liczyć wypadkową rezystancję, można dodać prądy wyznaczone przez każdy z zastosowanych rezystorów. Oto przybliżone wartości prądu dla poszczególnych rezystorów:

R8 (1 $\Omega$ ) - 0,7A

R9 (2,2 $\Omega$ ) - 0,32A

R10 (3,9 $\Omega$ ) - 0,18A

R11 (8,2 $\Omega$ ) - 85mA

R12 (12 $\Omega$ ) - 60mA

Mając takie dane, łatwo dobrać potrzebny prąd. Można oczywiście

zastosować rezystory o innych, pośrednich wartościach. Ewentualne odchyłki rzędu  $\pm 20\%$  nie mają większego znaczenia. Jeśli ktoś zada pytanie o czas ładowania, trzeba zapytać, czy dobrze rozumie właściwości zastosowanego trybu ładowania. Układ zasadniczo przeznaczony jest do pracy buforowej, gdy akumulator na stałe jest podłączony do ładowarki (z ustawionym wyjściowym napięciem nominalnym 2,23...2,33V/ogniwo). Jeśli ładowarka ma służyć do cyklicznego ładowania rozładowanych akumulatorów (napięcie

wyjściowe ustawione na 2,4...2,5V/na ogniwo), czas ładowania prądem dziesięciogodzinnym (0,1C) nie powinien być krótszy niż 15 godzin, niemniej jednak nawet znacznie dłuższy czas ładowania nie zaszkodzi, bo po naładowaniu akumulatora prąd spadnie do niewielkiej wartości, nie grożącej uszkodzeniem.

## Możliwości zmian

Proponowany układ z kostką LM317 i odpowiednim radiatorem może pracować przy prądach ładowania do 1...1,5A. Kto chciałby ładować większym prądem, może zamienić układ LM317 na stabilizator o większym prądzie, np. LM350 (3A) lub LM338 (5A). Oczywiście należy wtedy odpowiednio dobrać radiator oraz rezystory R8...R12 (o większej mocy strat). Szczegółowe informacje na temat tych stabilizatorów były podane w EdW 9 i 10/96. Osoby, które dobrze rozumieją działanie zaprezentowanego układu oraz właściwości akumulatorów kwasowych, mogą wypróbować działanie układu bez kondensatorów filtrujących C1, C2, uwzględniając zmniejszenie prądu ładowania.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski

### Wykaz elementów

#### Rezystory

R1: 220 $\Omega$   
R2: 820 $\Omega$   
R3,R6: 22k $\Omega$   
R4: 33k $\Omega$   
R5: nie montować - patrz tekst  
R7,R12: 12 $\Omega$   
R8: 1 $\Omega$ ,5W (lub równoległe 2x2,2 $\Omega$ , 0,25W)  
R9: 2,2 $\Omega$   
R10,R13: 3,9 $\Omega$   
R11: 8,2 $\Omega$   
PR1: 10k $\Omega$  miniaturowy

#### Kondensatory

C1,C2: 2200 $\mu$ F/25V

#### Półprzewodniki

D1-D4: 1N4001  
D5: LED (zielona lub żółta)  
T1: BC558B  
T2,T3: BC548B  
U1: LM317T (1,5A)

Uwaga! Ponieważ w ogromnej większości przypadków obsługiwane akumulatory będą mieć pojemność do 15Ah, w skład zestawu wchodzi tylko kondensator C1 o pojemności 2200 $\mu$ F. Radiator nie wchodzi w skład kitu AVT-2309