



Regulator do prostownika

Do czego to służy?

Wiele osób nadal ładuje akumulatory kwasowe 12V za pomocą nieskomplikowanych prostowników, zawierających jedynie transformator i diody. Zaletą jest prostota, ale parametry ładowania zwykle są dalekie od optymalnych. Stara sprawdzona zasada mówi, że typowy akumulator samochodowy należy ładować prądem o wartości 1/10 pojemności akumulatora. Ładowanie mniejszym prądem wydłuży czas ładowania, ale nie ma negatywnych skutków dla akumulatora. Niekorzystne i niebezpieczne jest ładowanie prądem znacznie większym. Przede wszystkim trudniej jest wtedy rozpoznać moment naładowania i łatwo o przeladowanie i gazowanie elektrolitu. Ponadto akumulator może się nagrzewać, a w najgorszym wypadku można doprowadzić do jego uszkodzenia. Akumulator po takich przejściach straci na wydajności i żywotności albo już nie będzie się nadawał do pracy, dlatego należy rozważnie dobrać prostownik do akumulatora.

Druga sprawdzona zasada mówi, aby zakończyć ładowanie, gdy akumulator osiągnie napięcie o wartości 14,4V. Niestety wartość napięcia trudno zmierzyć w trakcie ładowania, dołączony prostownik powoduje, że napięcie jest zawyżane, a do tego pulsuje. Uzyskanie wiarygodnego pomiaru wymagałoby odłączenia prostownika.

Powyższe problemy dotyczą każdego klasycznego prostownika, którego budowa bazuje tylko na transformatorze i mostku prostowniczym. Prezentowany układ jest przystawką, która może w prosty sposób usprawnić taki prostownik i usunąć te podstawowe wady.

Jak to działa?

Podstawową funkcją, jaką układ realizuje, jest regulacja prądu ładowania. Regulacja wykonywana jest metodą podobną do regulacji fazowej stosowanej przy sterowaniu tyrystorem czy triakiem, ale nieco zmienioną – odwróconą. W naszym układzie elementem wykonawczym jest tranzystor MOSFET o bardzo dużym prądzie. Takie rozwiązanie zapewnia dużo mniejsze straty mocy oraz łatwiejsze i elastyczniejsze sterowanie niż w przypadku triaka. Przebieg sinusoidalny, wyprostowany, doprowadzony jest do tranzystora wykonawczego, tranzystor jest



Podstawowe parametry:

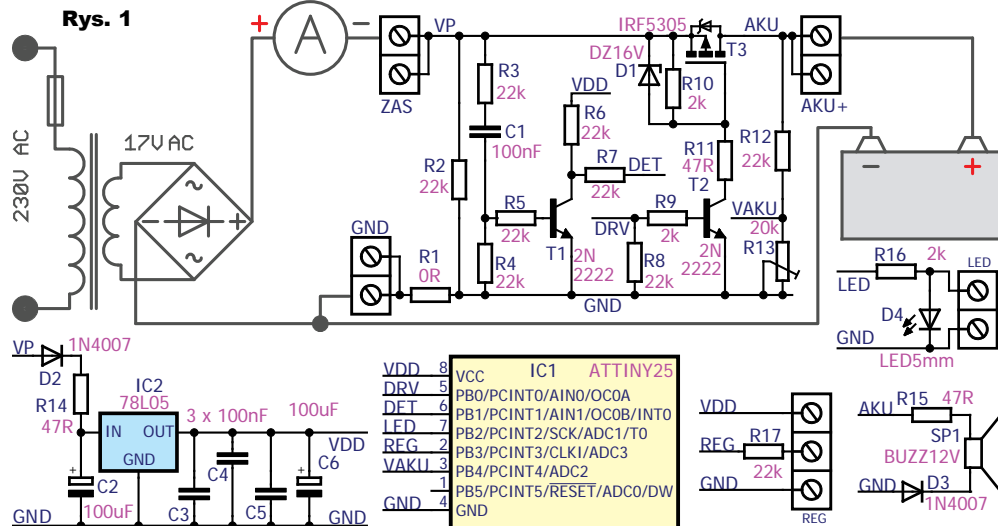
- regulacja prądu ładowania w zakresie do ok. 10A
- automatyczne zakończenie ładowania
- sygnalizacja stanu naładowania za pomocą diody led
- zabezpieczenie przed zwarcie i odwrotną polaryzacją
- może pracować jako przystawka do prostownika
- zasilanie – transformator 100...200W 16...20 V
- odpowiedni do ładowania akumulatorów o pojemności do ok. 100Ah

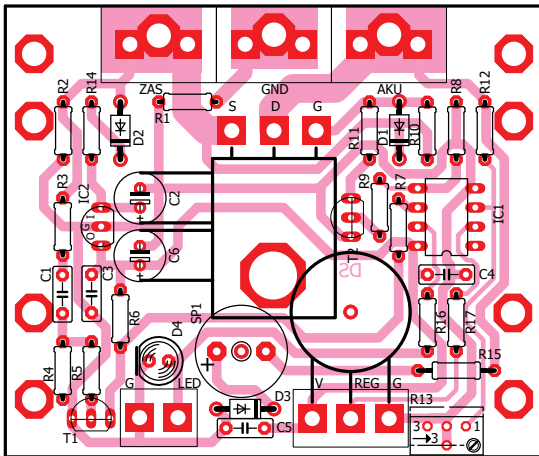
otwierany w momencie przejścia przebiegu napięcia przez zero, dzięki temu prąd narasta łagodnie – wraz z przebiegiem sinusoidy. Moment zamknięcia tranzysto-

ra jest regulowany, im później to nastąpi, tym większa część przebiegu zostanie przepuszczona i w efekcie będzie płynął większy prąd.

Opisywany układ nie jest stabilizatorem prądu, nie utrzymuje wartości prądu na stałym poziomie. Pozwala za to ograniczyć początkową wartość prądu, która jest w istocie wartością maksymalną, ponieważ w trakcie ładowania wartość prądu maleje wraz ze wzrostem stopnia naładowania akumulatora. W końcowym etapie prąd ładowania może być dużo mniejszy niż na początku. Wydłuża to czas potrzebny do pełnego naładowania, ale pozwala dokładniej określić moment zakończenia. Drugą ważną funkcją układu jest kontro-

Rys. 1





Rys. 2

ła wartości napięcia akumulatora. Dla uzyskania jak najdokładniejszego wyniku pomiar wykonywany jest przy zamkniętym tranzystorze wykonawczym. Taki cykl pomiarowy uruchamiany jest raz na 200 półokresów napięcia zasilającego, czyli co ok. 2 sekund i wtedy nie płynie prąd ładujący (przez ok. 10ms). Wynik pomiaru nie jest zakłócany prądem ładującym ani pulsuowaniem napięcia, ani nawet rezystancją przewodów i połączeń. Jeśli zmierzone napięcie osiągnęło wartość 14,4V, ładowanie zostaje przerwane, a gdy napięcie spadnie, ładowanie zostaje wznowione.

Pod koniec ładowania taki cykl będzie się wielokrotnie powtarzał, ponieważ nawet w pełni naładowany akumulator nie utrzymuje na zaciskach napięcia 14,4V. Napięcie dosyć szybko spada do wartości ok. 13V, a potem powinno się ustabilizować w okolicy 12,6V.

Aktualny poziom naładowania sygnalizuje dioda LED. Dioda miga z częstotliwością ok. raz na 2s, z wypełnieniem zależnym od stopnia naładowania akumulatora. Przy napięciu do ok. 11V dioda miga z wypełnieniem ok. 5%, im wyższe będzie napięcie, tym dłuższe będzie świecenie diody w każdym cyklu aż do napięcia 14,4, gdy dioda będzie świeciła światłem ciągłym. W praktyce – nawet po naładowaniu akumulatora dioda może co jakiś czas mignąć, ponieważ wartość napięcia na akumulatorze spada. Będzie to etap tzw. ładowania konserwującego.

Dodatkową funkcją układu jest zabezpieczenie przed zwarcie. Działanie tej funkcji polega na tym, że dopóki na zaciskach wyjściowych układu nie ma napięcia (nie jest dołączony akumulator), ładowanie nie zostanie załączone. Dopiero dołączenie do wyjścia napięcia o wartości min. 9 V (z akumulatora) odblokuje możliwość ładowania. Stan zacisków wyjściowych sprawdzany jest w każdym półokresie przebiegu napięcia zasilającego, tuż przed załączeniem tranzystora, dlatego nawet przypadkowe odłączenie

przewodów od akumulatora i zwarcie nie spowoduje uszkodzenia układu (pod warunkiem, że od odłączenia do zwarcia minie co najmniej 10ms).

Niestety na prostowniku wyposażonym w ten układ, z powodu powyższej funkcji, nie sprawdzimy żarówki czy silniczka. Jeśli przewidujemy stosowanie prostownika do takich celów, to należy zamontować dodatkowe wyprowadzenia, podłączone bezpośrednio do wyjścia mostka prostowniczego, jeszcze przed naszym układem.

Ostatnią funkcją układu jest sygnalizowanie nieprawidłowej biegunowości dołączonego akumulatora.

Jeśli do zacisków wyjściowych akumulator dołączymy odwrotnie, to natychmiast odezwie się sygnalizator dźwiękowy. Testy potwierdziły, że nawet zamiana biegunowości w trakcie pracy układu nie spowoduje żadnego uszkodzenia, ale dla większego bezpieczeństwa akumulator powinniśmy dołączać, gdy odłączone jest zasilanie prostownika i jeśli nie będzie sygnalizacji dźwiękowej, to możemy podłączyć zasilanie prostownika.

Schemat układu wraz z elementami prostownika widoczny jest na **rysunku 1**. Tranzystor T1 wraz z elementami sąsiadującymi to detektor przejścia przebiegu napięcia przez zero. Jednak w tym wypadku mamy do czynienia z przebiegiem sinusoidalnym wyprostowanym, czyli przebiegiem pulsującym. Na dodatek, gdy dołączony zostanie akumulator, to poprzez diodę zawartą w strukturze tranzystora MOSFET T3, na przebiegu pulsujący nakłada się także napięcie stałe z akumulatora. W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru zostały umieszczone oscylogramy. Widać to na *oscylogramie nr 1* (kanał 1). W efekcie tranzystor T1 staje się detektorem momentu, kiedy napięcie przebiegu pulsującego wychodzi ponad wartość napięcia akumulatora – staje się detektorem pulsowania (co pokazuje *oscylogram 2*, kanał 2). Dokładnie od tego momentu może płynąć prąd w kierunku akumulatora – możliwe jest ładowanie akumulatora.

Tranzystor T2 wraz z elementami sąsiadującymi pracuje jako driver tranzystora wykonawczego T3. Impulsy dodatnie o napięciu 5V z wyjścia mikrokontrolera zostają zamienione na impulsy masy i otwierają tranzystor wykonawczy T3, natomiast rezystor R10 powoduje jego zamykanie po zakończeniu impulsu. Zbyt wysoka amplituda przebiegu sterującego mogłaby spowodować uszkodzenie obwodu bramki tranzystora MOSFET, dlatego zastosowano diodę Zenera D1. Impulsy

sterujące są synchronizowane sygnałem z naszego detektora pulsowania. Im dłuższy trwa impuls, tym większa część przebiegu zostanie przepuszczona i w efekcie popłynie większy prąd. Przebiegi napięcia zasilającego oraz impulsów sterujących dla dwóch wartości prądu pokazują *oscylogramy 2 i 3*, natomiast na *oscylogramie numer 4* widać przebieg napięcia wyjściowego.

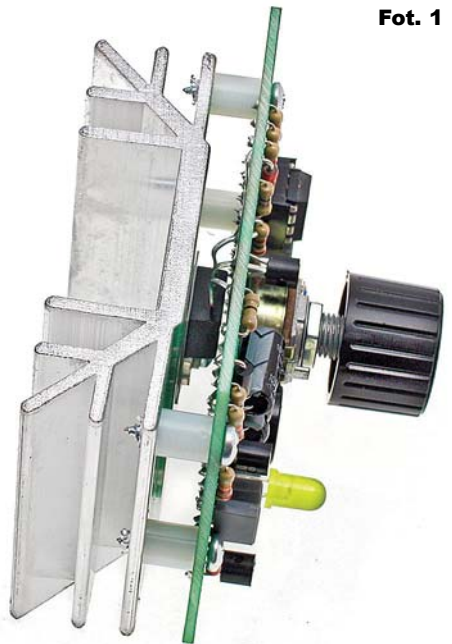
Pozostałe elementy układu to blok zasilania zbudowany na bazie układu IC2 – 78L05, mikrokontroler IC1 z zawartym w pamięci programem sterującym, układ sygnalizujący odwrotną biegunowość akumulatora – elementy R15, SP1 i D3, złącze REG służące dołączeniu potencjometru, złącze LED dla dołączenia diody sygnalizacyjnej oraz blok pomiaru napięcia – regulowany dzielnik rezystancyjny z elementów R12 i R13.

Montaż i uruchomienie

Układ został wykonany na płytce jednostronnej o wymiarach 71 x 60 mm, widocznej na **rysunku 2**. Montaż układu wykonujemy według ogólnych zasad. Tranzystor wykonawczy należy zamontować od spodu płytki tak, by jego radiator był skierowany na zewnątrz, a otwór montażowy pokrywał się z otworem na płytce, jednak nie powinien przylegać do płytki. Radiator należy przykręcić czterema wkrętami, stosując dodatkowo tulejki dystansujące o wysokości ok. 7mm. Na koniec należy przykręcić tranzystor do radiatora z zastosowaniem podkładki i tulejki izolującej. **Fotografia 1** pokazuje sposób zamontowania tranzystora i radiatora.

Potencjometr oraz diodę LED można zamontować bezpośrednio na płytce, wtedy diodę montujemy w miejsce D4,

Fot. 1



a potencjometr należy dołączyć krótkimi odcinkami drucików lub np. kawałkiem listwy goldpin – jak w modelu. Można też na płytce zastosować złącza śrubowe i elementy te dołączyć na przewodach – wszystko zależy od tego, jak gotowy układ zostanie zamontowany w docelowym prostowniku.

Na płytce znajdują się trzy pola połączeniowe – ZAS, GND i AKU, których funkcje obrazuje schemat układu. Należy do nich przykręcić przewody – na polach znajdują się otwory dla śrub M3. Ścieżki na płytce w tym miejscu należy pocynować. Zakończenia przewodów należy wyposażyć w gotowe oczka montażowe lub ewentualnie zawinąć w podobny kształt i również pocynować i całość przykręcić trzema śrubkami – **fotografia 2**.

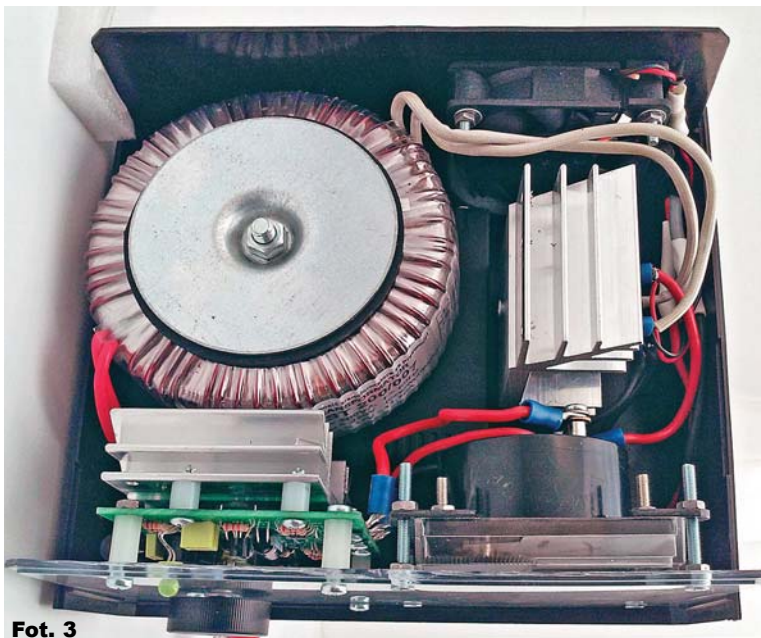


Fot. 2

odprowadzanie ciepła z wnętrza obudowy.

Po zmontowaniu i sprawdzeniu układu należy zamontować zaprogramowany mikrokontroler

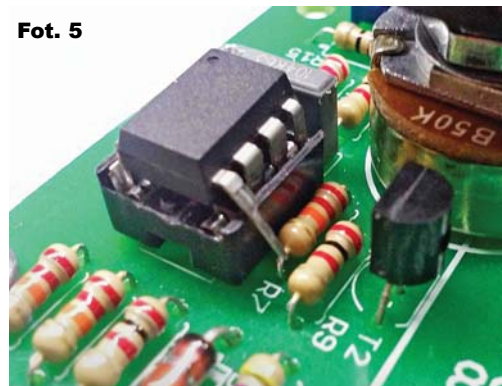
w podstawie. Mikrokontrolery w zestawach AVT są zaprogramowane, natomiast jeśli budujemy układ z własnych elementów, to należy przeprowadzić ten zabieg samodzielnie (nie zapomnijmy o ustawieniu fuse-bitów). Teraz można dołączyć transformator i jeśli wszystko zostało wykonane prawidłowo, dioda LED będzie cyklicznie migłała, sygnalizując działanie układu. Uwaga: dioda nie będzie migłała, jeśli układ zasilimy napięciem stałym – np. tylko z akumulatora. Warto jeszcze kontrolnie sprawdzić, czy na wyjściu układu nie ma napięcia. Gdyby jednak multimetr wskazał znaczne wartości, to oznacza



Fot. 3

to usterkę w obwodzie sterowania tranzystora wykonawczego. Na koniec układ wymaga prostej regulacji – należy ustawić napięcie zakończenia ładowania. W tym celu trzeba po pierwsze odłączyć sterowanie tranzystora wykonawczego – najprościej można to zrobić, wyjmując mikrokontroler z podstawki i odginając wyprowadzenie nr 5 tak, by po włożeniu mikrokontrolera w podstawkę nóżka wisiała w powietrzu – **fotografia 5**. Teraz należy dołączyć zasilanie z transformatora lub prostownika, a do wyjścia dołączyć zasilacz regulowany z ustawionym napięciem 14,4V. Regulacja polega na ustawieniu takiego stanu, aby dioda LED świeciła światłem ciągłym, ale była jednocześnie na granicy migania. Po zakończeniu regulacji odłączamy wszystko i montujemy poprawnie mikrokontroler.

Fot. 5



Fot. 4



to usterkę w obwodzie sterowania tranzystora wykonawczego. Na koniec układ wymaga prostej regulacji – należy ustawić napięcie zakończenia ładowania. W tym celu trzeba po pierwsze odłączyć sterowanie tranzystora wykonawczego – najprościej można to zrobić, wyjmując mikrokontroler z podstawki i odginając wyprowadzenie nr 5 tak, by po włożeniu mikrokontrolera w podstawkę nóżka wisiała w powietrzu – **fotografia 5**. Teraz należy dołączyć zasilanie z transformatora lub prostownika, a do wyjścia dołączyć zasilacz regulowany z ustawionym napięciem 14,4V. Regulacja polega na ustawieniu takiego stanu, aby dioda LED świeciła światłem ciągłym, ale była jednocześnie na granicy migania. Po zakończeniu regulacji odłączamy wszystko i montujemy poprawnie mikrokontroler.

W Elportalu, wśród materiałów dodatkowych do tego numeru, można znaleźć program dla procesora, dokumentację płytki oraz wspomniane zrzuty oscyloskopowe.

Wykaz elementów

R1	.....	0Ω lub zworka
R2-R8, R12, R17	.....	22kΩ
R9, R10, R16	.....	2kΩ
R11, R14, R15	.....	47Ω
R13	.....	pot. precyzyjny 20kΩ
C1, C3, C4, C5	.....	100nF
C2, C6	.....	100uF/35V
D1	.....	dioda zenera 16V
D2, D3	.....	1N4007
D4	.....	dioda LED 5mm
T1, T2	.....	2N2222
T3	.....	IRF5305
IC1	.....	Attiny25 zaprogramowany
IC2	.....	78L05
SP1	.....	Buzzer z generatorem 12V
REG	.....	Potencjometr 50kΩ
Tulejki dystansowe 7mm, φ 3...4mm x 4szt		
Wkręty 13mm fi 2,9mm x 5szt		
Podkładka i tulejka izolująca do obudowy T0220		
Radiator np typu 4463		
Gałka na potencjometr		

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3166.

KS

ksavt@wp.pl