

Szybka ładowarka akumulatorów NiCd do wkrętarek AVT-977

Niskie ceny wszelkiego rodzaju wkrętarek akumulatorowych powodują, że coraz częściej po nie sięgamy. Są one zasilane zwykle z akumulatorów niklowo-kadmowych o napięciu znamionowym 7,2...18 V i pojemności 1,5...2,5 Ah. Podstawową wadą standardowych ładowarek jest zbyt mały prąd w fazie ładowania i jednocześnie zbyt duży po naładowaniu. Powoduje to zmniejszenie trwałości akumulatora.

Rekomendacje:

Ładowarkę dedykujemy wszystkim majsterkowiczom korzystającym z wkrętarek elektrycznych, pozwoli ona wydłużyć żywotność stosowanych w niej akumulatorów oraz skrócić czas ich ładowania.



PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytką o wymiarach: 72x73 mm
- Zakres napięć ładowanych akumulatorów NiCd: 7,2...18 V
- Pojemność ładowanych akumulatorów: 1,5...2,5 Ah
- Czas ładowania szybkiego: maksimum 3 godziny
- Zakończenie fazy szybkiego ładowania na podstawie dV/dt
- Doładowywanie konserwujące
- Sygnalizacja stanu ładowarki za pomocą diod LED oraz buzera
- Odporność na zwarcie i odwrotne podłączenie
- Niska cena i dostępność zastosowanych podzespołów



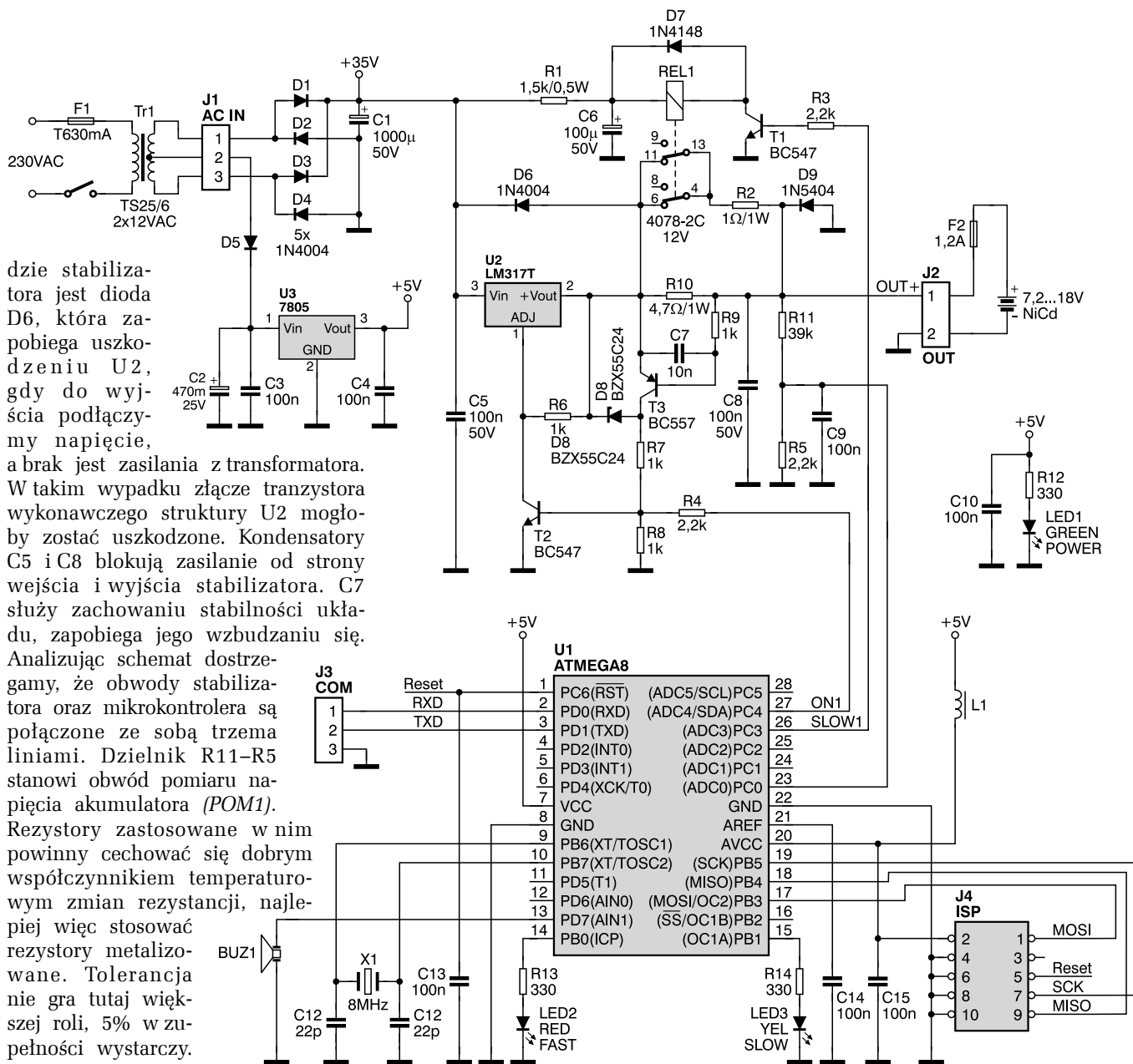
Prezentowana ładowarka służy do ładowania akumulatorów stosowanych we wkrętarce elektrycznych. Jest ona na tyle inteligentna, że ogranicza ingerencję użytkownika jedynie do podłączenia rozładowanego akumulatora. Do opracowania projektu skłonił mnie znajomy mechanik samochodowy, który używa wielu takich narzędzi i często ma problem, do której ładowarki podłączyć który zestaw. Urządzenie odznacza się tym, że możemy ładować akumulatory o napięciu z zakresu od 7,2 do 18 V bez jakiegokolwiek manipulacji przy ładowarce. Nie posiada żadnych przycisków i regulatorów, a o stanie pracy informują jedynie trzy lampki kontrolne oraz buzer.

Opis układu

W obecnych czasach królują wszelkie rozwiązania mikroprocesorowe. I tym razem w projekcie ładowarki rolę nadzorcy przebiegu ładowania pełni mikrokontroler AVR ATmega8. Wybór został podyktowany niską ceną, dostępnością, łatwością programowania oraz obecnością przetwornika A/C.

Ładowarka bazuje na metodzie ładowania stałym prądem. Schemat ideowy przedstawiono na rys. 1. Jako regulator prądu zastosowano popularny układ regulowanego stabilizatora

napięcia LM317T. Jednak aplikacja jest nietypowa. Prąd płynący przez stabilizator przepływa do ogniw poprzez rezystor szeregowy R10. Gdy spadek napięcia na tym rezystorze osiągnie około 0,6 V, tranzystor pnp T3 zaczyna przewodzić. Powoduje to wzrost napięcia na dzielniku rezystorowym R7-R8. Obciążeniem tego dzielnika jest baza tranzystora T2. Wzrost napięcia na bazie powoduje, że końcówka ADJ układu U2 znajduje się na coraz niższym potencjale zmniejszając tym samym prąd w głównej gałęzi prądowej stabilizatora. Konfiguracja taka powoduje, że układ pracuje jako stabilizator prądu o natężeniu wynikającym z równania $I=0,6/R$. Dla rezystora 4,7 Ω wartość prądu wynosi około 130 mA. Aby istniała możliwość zmiany prądu, równoległe do R10, poprzez styki NC (*Normal Close*) przekaźnika podłączony jest dodatkowy rezystor R2 o wartości 1 Ω . W ten sposób, przy zwartych stykach przekaźnika wartość prądu ograniczenia wynosi około 700 mA i taki prąd występuje podczas fazy szybkiego ładowania. Dodatkowym elementem w obwodzie jest dioda Zenera D8. Gdy napięcie na wyjściu wzrośnie powyżej 24 V zaczyna ona przewodzić. W ten sposób zostało ograniczone maksymalne napięcie na wyjściu do około 25,2 V. Elementem zabezpieczającym w obwo-



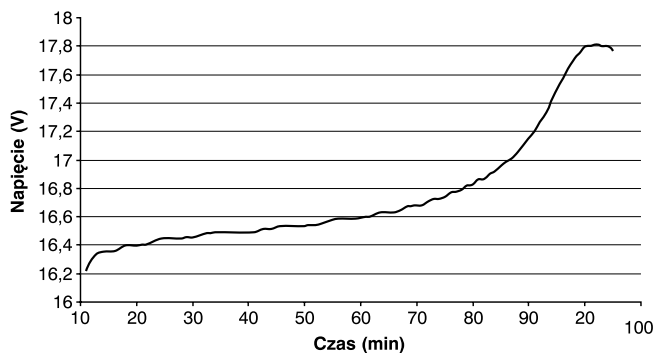
Rys. 1. Schemat elektryczny ładowarki

dzię stabilizatora jest dioda D6, która zapobiega uszkodzeniu U2, gdy do wyjścia podłączymy napięcie, a brak jest zasilania z transformatora. W takim wypadku złącze tranzystora wykonawczego struktury U2 mogłoby zostać uszkodzone. Kondensatory C5 i C8 blokują zasilanie od strony wejścia i wyjścia stabilizatora. C7 służy zachowaniu stabilności układu, zapobiega jego wzbudzeniu się. Analizując schemat dostrzegamy, że obwody stabilizatora oraz mikrokontrolera są połączone z sobą trzema liniami. Dzielnik R11–R5 stanowi obwód pomiaru napięcia akumulatora (*POM1*). Rezystory zastosowane w nim powinny cechować się dobrym współczynnikiem temperaturowym zmian rezystancji, najlepiej więc stosować rezystory metalizowane. Tolerancja nie gra tutaj większej roli, 5% w zupełności wystarczy. Procesor steruje układem stabilizatora za pomocą dwóch sygnałów: *ON1* oraz *SLOW1*. *ON1* jest to wyjście sterujące pojawieniem się napięcia (a zatem i prądu) na wyjściu stabilizatora. Pojawienie się na nim stanu wysokiego wymusza na końcówce *ADJ* układu U2 napięcie o wartości bliskiej 0 V, przez co napięcie na wyjściu jest równe około 1,2 V. Drugi obwód to *SLOW1*. Pojawienie się stanu wysokiego na tym wyjściu powoduje, że tranzystor T1 przewodzi. W ten sposób przełącznik REL1 jest wysterowany i rozłącza styki. Stan wysoki na tym wyjściu wprowadza więc układ stabilizatora w pracę z małym prądem wyjściowym (130 mA). Cewka przełącznika o napięciu znamionowym 12 V jest za-

silana poprzez rezystor R1 z głównej gałęzi zasilania. Ogranicza on prąd. Natomiast kondensator C6 służy zwiększeniu prądu płynącego przez cewkę podczas załączania. Dzięki temu można zmniejszyć napięcie, a więc i prąd podtrzymania przełącznika. Wystarczy, że napięcie w stanie ustalonym na cewce przełącznika będzie równe około 9 V. Wartość rezystora R1 zależy od zastosowanego przełącznika. Dioda D7 zamyka drogę prądu podczas otwierania klucza T1, zapobiegając jego uszkodzeniu w wyniku przepięcia.

Całość układu jest zasilana z transformatora o napięciu znamionowym 2x12 VAC. Prąd jest filtrowany w prostowniku pełnokresowym z diodami D1...D4, natomiast dioda D5 stanowi prostownik półokresowy do zasilania stabilizatora +5 V. Takie rozwiązanie umożliwia zmniejszenie napięcia przed stabilizatorem U3, a przez to wyeliminowanie konieczności zastosowania radiatora na nim. Kondensatory C1 oraz C2 służą odfiltrowaniu napięcia zasilania. Ze względu na pobierany w układzie prąd podczas szybkiego ładowania, niezbędne jest zastosowanie trafo o obciążalności około 1 A. W modelu zastosowano transformator TS25/6.

Jak wspominałem, układem ładowarki steruje mikrokontroler. Jest



Rys. 2. Przykładowy wykres ładowania akumulatora

on zasilany z 5 V, posiada niewielką liczbę elementów zewnętrznych. Oscylator pracuje z rezonatorem kwarcowym X1 o częstotliwości 8 MHz. Układ jest połączony na płytce ze złączem programowania ISP. Ponadto do dwóch portów dołączono diody LED2 (czerwona – ładowanie szybkie) oraz LED3 (żółta – ładowanie konserwujące), sygnalizujące stan pracy urządzenia. Dodatkowo, jako element sygnalizacyjny zastosowano buzzer piezoelektryczny. Złącze J3 służy do komunikacji za pośrednictwem portu szeregowego z komputerem. Na płytce nie przewidziano jednak konwertera stanów logicznych do typowego standardu RS232.

Opis działania programu

Program obsługujący ładowarkę został napisany w języku C z wykorzystaniem darmowego kompilatora AVR-GCC oraz środowiska AVR-SIDE.

Mikrokontroler wykrywa dołączenie ładowanego akumulatora do ładowarki i jeśli stwierdzi, że jest on podłączony przez diodę prostowniczą, co ma miejsce przy wykorzystaniu oryginalnej podstawki do ładowania, ładowarka nie może prawidłowo zdekodować stanu pełnego naładowania. Dlatego jest to traktowane jako błąd podłączenia i sygnalizowane miganiem czerwonej diody LED oraz sygnałami dźwiękowymi. Jeśli test połączenia wypadnie pozytywnie i aktualne napięcie akumulatora jest wyższe niż około 8 V, rozpoczyna się szybkie ładowanie. Sygnalizowane jest to świeceniem czerwonej diody LED. Jeśli napięcie jest niższe, świadczy to o zbyt głębokim rozładowaniu akumulatora i prąd ładowania jest wówczas ustawiony jako konserwujący. Stan taki sygnalizuje migająca dioda żółta. Gdy napięcie nieco wzrośnie, ładowarka zacznie ładować prądem szybkiego ładowania. W wypadku, gdy napięcie na wyjściu

jest niższe niż 2 V, sterownik rozpoznaje taki stan jako zwarcie zacisków wyjściowych. Diody LED żółta i czerwona migają, dodatkowo o takim stanie ostrzega sygnał przerywany z buzera. Wyjścia sterujące powodują, że stabilizator wyjściowy jest ustawiony na

napięcie minimalne 1,2 V, a styk przekaźnika jest rozwarty. Prąd zwarcia jest ograniczony przez rezystor R10 i wynosi maksymalnie 0,25 A. Znacznie gorszy jest przypadek, w którym dołączony akumulator ma odwrotną polaryzację. Przeprowadzone testy wykazały, że nie można liczyć na ograniczenie prądu gwarantowane przez układ U2, ponieważ różnica napięć pomiędzy wejściem a wyjściem jest zbyt wysoka (>40 V) i układ może ulec uszkodzeniu. Dlatego w celu wyeliminowania możliwości uszkodzenia układu U2 zastosowano diodę prostowniczą D9 oraz szybki bezpiecznik F2 – F1,2 A. W ten sposób przy omyłkowym odwrotnym podłączeniu biegunowości jedynie bezpiecznik ulegnie przepaleniu.

W chwili rozpoczęcia szybkiego ładowania akumulatora układ zaczyna odmierzać czas ładowania. Maksymalny czas ładowania jest równy 5 godzin. Do pełnego naładowania rozładowanego akumulatora 2,5 Ah przy prądzie 0,7 A powinno wystarczyć nieco ponad 4 godziny.

Co minutę wykonywany jest pomiar napięcia akumulatora przy odłączonym prądzie ładowania. Kontroler wystawia na linii ON1 stan wysoki, przez co stabilizator jest zmuszony do ustawienia na wyjściu napięcia 1,2 V. Napięcie akumulatora jest wyższe, a więc nie płynie prąd ładowania. Taki pomiar eliminuje kłopotliwe zakłócenia w pomiarze, spowodowane niedoskonałością zestyków przyłączeniowych. Sam pomiar w mikrokontrolerze odbywa się za pomocą wbudowanego przetwornika. Ze względu na niezbyt dużą rozdzielczość pomiaru (10 bitów) pomiar jest dokonywany 64-krotnie i uśredniony.

Podczas pomiaru procesor oblicza także wymagany spadek napięcia dV/dt zależny od napięcia na akumulatorze. Jeśli suma tych spadków w ciągu dwóch kolejnych pomiarów

osiągnie wymaganą wartość, układ rozpoznaje naładowanie akumulatora. Przechodzi do ładowania konserwującego (0,13 A). Stan taki jest sygnalizowany zaświeceniem się diody LED3 (żółtej) oraz krótkim dźwiękiem. O prawidłowym zakończeniu szybkiej fazy ładowania świadczy zauważalnie podniesiona temperatura akumulatora. Ładowanie prądem konserwującym nie zaszkodzi nawet akumulatorowi o pojemności 1,5 Ah, ponieważ jest to prąd mniejszy niż C/10. Pozostawienie akumulatora w ładowarce przy braku

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 1,5 k Ω /0,5 W
R2: 1 Ω /1 W
R3...R5: 2,2 k Ω metalizowany
R6...R9: 1 k Ω
R10: 4,7 Ω /1 W
R11: 39 k Ω metalizowany
R12...R14: 330 Ω

Kondensatory

C1: 1000 μ F/50 V
C2: 470 μ F/25 V
C3, C4, C9, C10, C13...C15: 100 nF/25 V
C5, C8: 100 nF/50 V
C6: 100 μ F/50 V
C7: 10 nF
C11, C12: 22 pF

Półprzewodniki

D1...D6: 1N4004
D7: 1N4148
D8: BZX55C24 dioda Zenera 0,4 W 24 V
D9: 1N5404
U1: ATmega8 DIP28
U2: LM317T (TO220) 1,5 A
U3: 7805 (TO220)
T1, T2: BC547
T3: BC557
LED1: LED zielony
LED2: LED czerwony
LED3: LED żółty

Inne

X1: rezonator kwarcowy 8 MHz (HC49)
BUZ1: buzzer piezoelektryczny
REL1: przekaźnik 4078-2C-12V – na napięcie 12 V, 2 styki przelączone
J4: złącze ISP typu ZL231-10PG TR1
Tr1: transformator sieciowy 2x12 V, 25 VA np. TS25/6
F1: bezpiecznik sieciowy T630 mA z oprawką
F2: bezpiecznik F1,2 A z oprawką

zasilania sieciowego powoduje rozładowywanie go niewielkim prądem, który nie przekracza 1 mA.

Dodatkowo dla celów uruchomienia programu została umożliwiona komunikacja z komputerem PC. Służy do tego złącze J3. Pin 1-RxD, 2-TxD, 3-GND. Jednak do podłączenia do złącza RS232 niezbędny jest konwerter poziomów (MAX232 itp. lub układ wirtualnego portu COM na USB). Parametry transmisji: 57600 bps, 8 bitów danych, 1 bit stopu. Przy użyciu dowolnej aplikacji do komunikacji, np. HyperTerminala możemy podglądać aktualne napięcie na ładowanym akumulatorze oraz czas ładowania. Pomiar napięcia nie jest zbyt dokładny, ponieważ zarówno rezystory dzielnika, jak i napięcie odniesienia przetwornika analogowo-cyfrowego nie są precyzyjne. Jednak do poprawnej pracy nie jest ważna wartość bezwzględna tego napięcia, a jedynie różnice w czasie. Wysłanie znaku „P” powoduje wymuszenie pomiaru i wyświetlenie wyniku na konsoli. W trybie ładowania szybkiego, co minutę wyświetlane są pomiary napięcia na akumulatorze, przy wyłączonym prądzie ładowania. Do podglądu danych z portu RS mogą polecieć Terminal ze strony: <http://bray.velenje.cx/avr/terminal/>. Korzystając z danych pomiarowych został sporządzony przykładowy wykres przebiegu ładowania akumulatora NiCd o napięciu znamionowym 14,4 V (rys. 2).

Montaż i uruchomienie

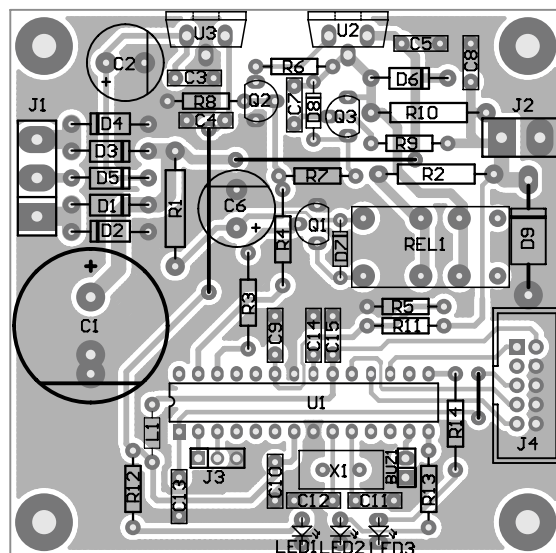
Całość została zmontowana na płytce z jednostronnym drukiem (rys. 3). Ścieżki i odstępki między nimi są na tyle duże, że bez trudu można wykonać płytkę metodą termotransferową. Po stronie elementów znajdują się trzy zwory. Montaż nie powinien sprawić trudności. Układ stabilizatora U2 wymaga dobrego chłodzenia. Ważne jest też, by jego prąd maksymalny był nie mniejszy niż 1,5 A, gdyż elementy nie spełniające tego warunku nie będą tutaj poprawnie pracować. Stabilizator należy odizolować od ra-

diatora za pomocą podkładki mikowej z pastą silikonową lub podkładki silikonowej. W granicznych warunkach moc wydzielana na elemencie może sięgać około 15 W. Konieczne jest więc zastosowanie wystarczająco wydajnego radiatora oraz zapewnienie niskiej rezystancji termicznej połączenia. Układ stabilizatora 5 V (U3) nie wymaga dodatkowego chłodzenia. Jednak możemy go także przykręcić do radiatora bez przekładki izolującej.

Diody LED powinny być zamontowane kątowno i umieszczone w otworach obudowy lub wyprowadzone przewodami poza płytkę. Buzer należy zamontować na obudowie. Bezpieczniki F1 i F2 znajdują się poza płytką.

Po zmontowaniu załączamy zasilanie. Na wyjściu stabilizatora U3 powinno wystąpić napięcie 5 V. Obecność tego napięcia sygnalizuje dioda LED1 – zielona. Jeżeli mikrokontroler był uprzednio zaprogramowany, po załączeniu zasilania powinniśmy usłyszeć dźwięki z buzera oraz zobaczyć mignięcie diod LED2 i LED3. Jeśli nie był zaprogramowany, do programowania należy użyć programatora ISP podłączonego do złącza J4. Należy także odpowiednio zaprogramować bity konfiguracyjne mikrokontrolera (fuses), tak by procesor był taktowany z rezonatora kwarcowego oraz miał załączony wewnętrzny detektor napięcia zasilania służący do zerowania mikrokontrolera.

Po zaprogramowaniu i załączeniu zasilania możemy skontrolować napięcie na wyjściu. Powinno ono wynosić około 25 V. Poprzez amperomierz o zakresie 1 A podłączamy akumulator. Jeśli prąd ładowania wynosi około 0,7 A oraz zaświeciła się czerwona dioda LED2, to wszystko wygląda prawidłowo. Sprawdzamy jeszcze temperaturę radiatora. Amperomierz może-



Rys. 3. Schemat montażowy

my pozostawić aż do czasu, gdy faza szybkiego ładowania się zakończy. Wtedy zaświeci się żółta dioda LED3, a prąd spadnie do wartości około 0,13 A. Próba ładowania akumulatora naładowanego powinna zostać przerwana po zakończeniu szybkiej fazy ładowania w przeciągu kilku minut.

Elektronikę ładowarki należy umieścić w obudowie według własnego uznania, ale z zachowaniem wymogów bezpieczeństwa dla urządzeń podłączanych do sieci. Jako podstawkę do podłączania akumulatora najlepiej zastosować fabryczną podstawkę z usuniętym obwodem wewnętrznym. Zwykle w środku zamontowana jest dioda prostownicza. Aby układ działał poprawnie, należy ją zmostkować za pomocą rezystora o wartości 100 Ω. Jeśli tego nie zrobimy pomiar nie będzie wskazywał napięcia akumulatora i sterownik nie będzie działał prawidłowo. Stan taki jest sygnalizowany poprzez miganie czerwonej diody oraz sygnał dźwiękowym co sekundę. Naszą ładowarkę wystarczy zaopatrzyć w przewód do podłączania do podstawki akumulatora, zakończony typowym wtykiem 2,5/5,5 mm. Typowo środkowy zestyk to „+”. Użyte w ładowarce diody LED sygnalizują poszczególne stany pracy ładowarki. Wszystkie komunikaty zestawiono w tab. 1.

Edward Michalczewski
edim123@poczta.onet.pl

Literatura:

1. *Nowoczesne akumulatory, część 1; EP 4/2003 – s. 81;*
2. http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1659.pdf

Tab. 1. Zestawienie sygnalizowanych stanów pracy ładowarki diodami LED			
LED2 czerwona	LED3 żółta	Buzer	Stan
Nie świeci	Nie świeci	–	Odtłaczony akumulator lub spalony bezpiecznik F2
Miga	Nie świeci	Sygnal co 1 s.	Błąd podłączenia – dioda szeregowo z akumulatorem
Nie świeci	Miga	–	Niskie napięcie akumulatora – wstępne ładowanie małym prądem
Miga	Miga	Sygnal częsty	Zwarcie zacisków
Świeci	Nie świeci	–	Ładowanie szybkie
Nie świeci	Świeci	–	Ładowanie konserwujące – akumulator naładowany