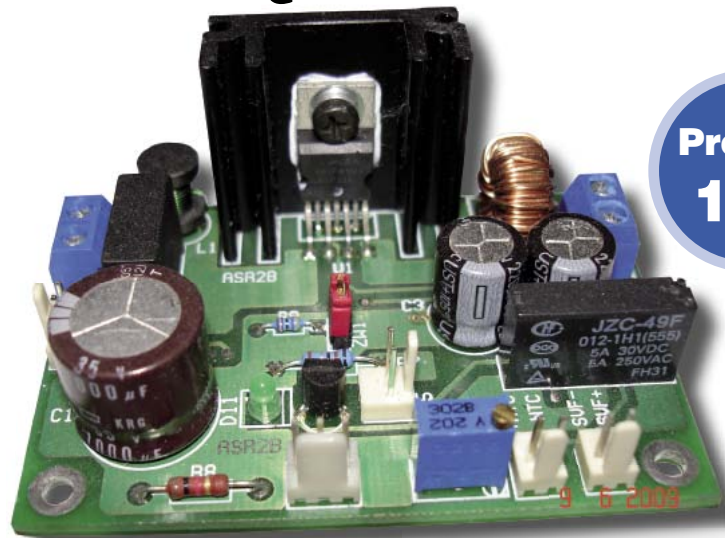


Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Ładowarka akumulatorów z kompensacją temperaturową

W artykule opisujemy zasilacz przeznaczony do ładowania akumulatorów VRLA AGM o pojemności do 25 Ah i napięciu znamionowym 12 V. Nie należy się dziwić takiemu wąskiemu przeznaczeniu zasilacza, ponieważ żyjemy w czasach, w których obok wielkiej globalizacji widać równoległe postępującą specjalizację. Ta specjalizacja jest szczególnie dobrze widoczna w elektronice, gdzie z jednej strony dostęp do tanich układów scalonych, a z drugiej konieczność redukcji kosztów, oszczędności energii i dbania o środowisko wymuszają i jednocześnie pozwalają budować rozwiązania, o których jeszcze parę lat temu nikt by nawet nie pomyślał.

Pojawianie się wysoce specjalizowanych urządzeń nie wynika więc z dziwactwa ich konstruktorów, ale z tego, że *per saldo* to się po prostu opłaca. W przypadku właściwego ładowania akumulatorów może to przykładowo oznaczać, że czas życia akumulatora AGM do zastosowań powszechnego użytku wyniesie 5 lat, a nie powiedzmy tylko rok. A w przypadku zastosowań profesjonalnych możemy tu mówić o czasie pracy do 12 lat. Uzmysłwienie sobie liczby aplikacji, w których stosuje się akumulatory, uzasadnia opłacalność opracowania specjalizowanych ładowarek dla poszczególnych typów akumulatorów. Omówienie prezentowanej w tym artykule ładowarki poprzedzimy podstawowymi informacjami o akumulatorach VRLA AGM.



Projekt
182

Dodatkowe materiały
na CD i FTP

Akumulatory VRLA AGM

Nazwa tych akumulatorów – VRLA – pochodzi od angielskiego określenia *Valve-Regulated Lead-Acid*, co na język polski można przełożyć jako akumulatory ołowiono-kwasowe regulowane zaworami. Czasami mówiąc o tych akumulatorach, używa się również określenia *szczelne* (choć, jak wskazuje nazwa, akumulator jest wyposażony w zawór – co prawda tylko jednokierunkowy – do usuwania nadmiaru gazu, który mógłby rozsądzić obudowę) lub bezobsługowe (ale nie bezinspekcyjne; w tym przypadku chodzi bardziej o nazwę marketingową). Akumulatory VRLA dzielą się na akumulatory AGM i akumulatory żelowe. Nazwa AGM pochodzi od angielskiej nazwy *Absorbent Glass Mat* oznaczającej, że elektrolit jest uwięziony w macie szklanej, w strukturze SiO_2 . Zaletą tej technologii jest to, że akumulator może pracować w każdym położeniu oraz że zbędna jest ochrona przeciwkwasowa pomieszczenia i ludzi.

Akumulatory VRLA AGM przez cały okres eksploatacji nie wymagają dolewania wody destylowanej. W miejscach, gdzie w tradycyjnych akumulatorach znajdują się korki, są umieszczone zawory (po jednym na każdą cełę). Kluczową sprawą dla trwałości

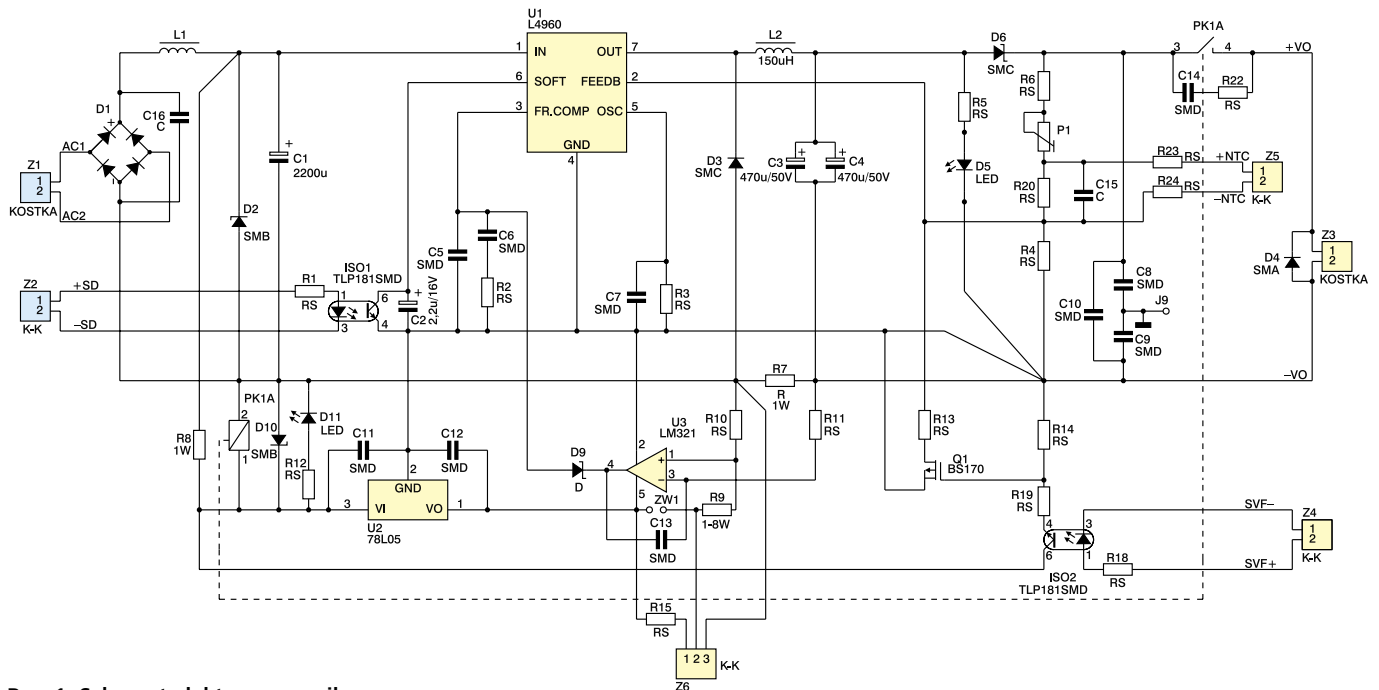
Podstawowe informacje:

- Ładowarka akumulatorów VRLA do 25 Ah, 12 V
- Praca buforowa lub ładowanie wyrównawcze/forsujące.
- Napięcie wejściowe 18...26 VAC lub 22...36 VAC
- Napięcie wyjściowe 13,62 V/14,7 przy 20°C
- Maksymalny prąd wyjściowy 2,5 A
- Zakres regulacji maksymalnego prądu wyjściowego 0...2,5 A
- Kompensacja temperaturowa napięcia ładowania – 2,5 mV/ogniwo na 1°C
- Możliwość zdalnego sterowania zasilaczem

Dodatkowe materiały na CD:

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych na Wykazie Elementów kolorem czerwonym

ści i niezawodności akumulatorów AGM jest przestrzeganie reżimów temperaturowych zarówno podczas normalnej pracy, jak i ładowania. Przede wszystkim, parametry akumulatorów są podawane dla określonej temperatury np. 20°C w Europie (w USA 25°C), natomiast zalecany zakres pracy rozciąga się od 15°C do 25°C. Praca akumulatora w wyższej temperaturze skracą jego żywotność, natomiast w niższej maleje dysponowana pojemność baterii. Podczas pracy absolutnie nie zaleca się przekraczania temperatury 50°C, natomiast pracę w temperaturze powyżej 40°C należy maksymalnie skracać. To co nas jed-



Rys. 1. Schemat elektryczny zasilacza

nak najbardziej interesuje podczas projektowania zasilacza, to kwestie związane z ładowaniem. Zwykle stosuje się dwa tryby pracy akumulatora i w związku z tym wyróżnia dwa sposoby ładowania.

System równoległej pracy rezerwowej – praca buforowa

Przy pracy buforowej w temperaturze 20°C napięcie ładowania powinno wynosić: 2,27 V × (liczba ogniw) dla VRLA AGM; 2,25 V × (liczba ogniw) dla akumulatorów VRLA z elektrolitem w postaci żelu.

W naszym przypadku 6 ogniw AGM odpowiada 13,62 V. Jeżeli temperatura pracy (w długim czasie) odbiega od 20°C, to tę wartość napięcia należy korygować o współczynnik korekcji

temperaturowej α . W zależności od typu i technologii wykonania akumulatora współczynnik α może zawierać się w przedziale od -1,5 mV/ogniwo na 1°C do -6 mV/ogniwo na 1°C.

Napięcie wyjściowe ładowarki dla temperatury innej niż 20°C powinno być korygowane zgodnie ze wzorem:

$$U_i = U_{120^\circ C} - (t - 20^\circ C) \times \alpha,$$

gdzie:

- α – współczynnik korekcji temperaturowej podanej przez producenta akumulatora (wartość bezwzględna),
- t – temperatura otoczenia akumulatora,
- $U_{120^\circ C}$ – napięcie ładowania dla 20°C,
- U_i – napięcie ładowania w pracy buforowej/wyrównawczej dla aktualnej temperatury otoczenia.

W naszym przypadku dla 6 ogniw akumulatora sumaryczny współczynnik korekcji wynosi -15 mV/°C.

Ładowanie powrotne lub wyrównawcze

Ładowanie powrotne jest konieczne po rozładowaniu akumulatora, natomiast wyrównawcze podczas długotrwałej pracy buforowej. Zaleca się raz na kilka miesięcy poddać akumulator ładowaniu wyrównawczemu dla uzyskania stanu pełnego naładowania wszystkich jego ogniw. Ładowanie powrotne lub wyrównawcze prowadzi się napięciem zawierającym się w przedziale od 2,35 V/ogniwo do 2,45 V/ogniwo przez co najmniej 24 godziny dla napięcia 2,35 V/ogniwo albo 12 godzin dla wartości 2,45 V/ogniwo.

Powrót do napięcia buforowego, w układzie naszej ładowarki, nastąpi po 12-godzinnym czasie ładowania pod warunkiem, że do złącza Z4 podłączony będzie zewnętrzny timer. Dla zapewnienia długiej żywotności akumulatora nie powinno się poddawać go głębokiemu rozładowaniu, to jest nie należy dopuszczać do przekroczenia minimalnego napięcia rozładowania zalecanego przez producenta. Przy małych gęstościach elektrolitu, podczas głębokiego rozładowania akumulatora poniżej dopuszczalnego minimalnego napięcia mogą powstać zwarcia wewnątrz akumulatora na skutek tworzenia się dendrytów ołowiovych. Aby zapobiec temu zjawisku, zwanemu zwarcim przez separator, obwód akumulatora (obciążenie) powinien być wyposażony w *Rozłącznik Głębokiego Rozładowania* (RGR), w praktyce może to być przełącznik.

Dla zachowania dobrej kondycji akumulatora ważne jest, aby ładowanie powrotne

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD, 1206)

- R1, R18: 3,3 kΩ
- R2: 15 kΩ
- R3: 9,1 kΩ/1%
- R4: 5,1 kΩ/1%
- R5, R12: 5,1 kΩ
- R6: 5,6 kΩ/1%
- R7: 0,1 Ω/1%/0,6 W (przewl.)
- R8: 1 kΩ/1 W (przewl.)
- R9: 2 kΩ/1% (przewl.)
- R10: 100 Ω/1%
- R11: 100 Ω
- R13: 47 kΩ/1%
- R14, R19: 10 kΩ
- R15: 0 Ω
- R22: 51 Ω
- R23, R24: 1,2 kΩ/1%
- P1: 2 kΩ (potencjometr wieloobrotowy)

Kondensatory:

- C1: 2200 μF/35 V
- C2: 2,2 μF/16 V (1206)
- C3, C4: 220 μF/50 V
- C5: 1 nF (1206)
- C6: 33 nF (1206)
- C7: 2,2 nF (1206)

- C8, C9: 10 nF/200 V (1206)
- C10...C14, C16: 100 nF/50 V (1206)
- C15: 82 pF (1206)

Półprzewodniki:

- U1: L4960 (TO-220/7)
- U2: 78L05 (TO-92)
- U3: LM321 (SOT23/5)
- Q1: BS107 (SOT23)
- D1: mostek prostowniczy (2 A/50 V)
- D2: P6SMB36A (SMB)
- D3, D6: dioda Schottky’ego 3 A/40 V (SMC)
- D4: dioda prostownicza 1 A/100 V (SMA)
- D5: LED czerwona (3 mm)
- D9: BAT43 (MINIMELF)
- D10: dioda Zenera 15 V (SMB)
- D11: LED zielona (3 mm)
- ISO1, ISO2: TLP181 (SMD4 miniflat)

Inne:

- L1: dławik 10 μH/2,1 A (np. Dsp-70 10-100M)
- L2: dławik 220 μH/5 A
- PK1: przełącznik JZG-49F/12 V
- Z1...Z5: wtyk 2-pin TB-5.0-P-2P
- termistor NTC RH16 2k (25°C)
- Z6: wtyk 3-pin TB-5.0-P-3P
- radiator RAD-P22139/30 lub podobny



następowało natychmiast po rozładowaniu, nawet jeżeli było to rozładowanie jedynie częściowe.

Z podanych tu informacji wynika, że poprawne ładowanie akumulatorów AGM ma niebagatelny wpływ na ich żywotność. Szczególną cechą wyróżniającą prezentowany przez nas zasilacz jest układ kompensacji temperaturowej, który zapewnia optymalne warunki ładowania, zgodne z zaleceniami producenta. Należy pamiętać, iż baterie VRLA AGM wykazują dużą wrażliwość na napięcia zarówno zbyt niskie, jak i zbyt wysokie, wykraczające poza limit dopuszczalnych napięć pracy, prowadząc do skrócenia czasu życia baterii.

Ogólny opis zasilacza

Schemat prezentowanego zasilacza pokazano na **rys. 1**. Układ jest zmontowany na płytce drukowanej przedstawionej na **rys. 2**. Zdjęcie zmontowanego zasilacza widać na fotografii otwierającej artykuł.

Sercem całego zasilacza jest układ scalony U1 typu L4960. Jest to kompletny stabilizator impulsowy, wymagający – w swojej podstawowej aplikacji – minimalnej liczby elementów zewnętrznych. Układ pracuje w konfiguracji obniżającej napięcie wejściowe. Ma wbudowane mechanizmy zapewniające miękki start, wewnętrzne ograniczanie prądu wyjściowego oraz wyłączenie termiczne. Cechuje się dobrymi parametrami, prądem wyjściowym do 2,5 A, dużą częstotliwością pracy do 150 kHz i zakresem napięć wejściowych od 5,1 do 46 V. Układ zawiera zintegrowany klucz, tak że z zewnątrz, od strony wyjścia niezbędne jest podłączenie tylko diody (D3), indukcyjności (L2) oraz kondensatorów filtrujących (C3, C4). Pozostałe elementy dołączone do stabilizatora służą ustaleniu częstotliwości pracy (R3, C7), kompensacji częstotliwościowej pętli sprzężenia zwrotnego (R2, C5, C6) oraz zapewnieniu miękkiego startu (C2). Ponieważ chcieliśmy uzyskać zwiększoną funkcjonalność zasilacza w stosunku do typowej aplikacji L4960, na schemacie widać dodatkowe układy i elementy, których funkcje opisujemy poniżej.

Złącze Z1. Jest to wejście napięcia zasilającego. Jest tu zastosowany mostek prostowniczy, co umożliwia zasilanie układu napięciem przemiennym lub stałym. Zakres napięć wejściowych wynosi od 18 VAC do 26 VAC. W naszym przypadku stosujemy transformator sieciowy z nominalnym napięciem wyjściowym 24 VAC i mocy 60 W. Za prostownikiem są umieszczone elementy przeciwzakłócenia (C16, L1), przeciwprzepięciowe (D2) oraz filtr wygładzający napięcie (C1). Wyprostowane i odfiltrowane napięcie prostownika jest podłączone bezpośrednio do wejścia układu U1. W przypadku zasilania układu napięciem stałym zakres napięć wejściowych podłączonych do złącza Z1 powinien wynosić od 22 VDC do 36 VDC z odpowiednią wydajnością prądową (około 2 A).

Złącze Z2. Wejście sterujące włączaniem/wyłączaniem zasilacza. W naszym zamiarze zasilacz może być częścią większego systemu, wyposażonego w mikrokontroler lub sterowanego zewnętrznym komputerem. Dlatego zdecydowaliśmy się wyposażyć go w możliwość zdalnego włączania i wyłączania. Dla ułatwienia realizacji zdalnego sterowania to wejście jest izolowane galwanicznie za pomocą transoptora (ISO1).

Złącze Z3. Jest to wyjście zasilacza, czyli miejsce podłączenia akumulatorów. Naturalnie ważna jest polaryzacja; plus akumulatora jest łączony do +VO, minus do -VO. Dla bezpieczeństwa należy wyjście ładowarki łączyć z akumulatorem przez bezpiecznik. Szeregowo z wyjściem są podłączone styki przekaźnika PK1A. Służą one do odłączania akumulatora od zasilacza w przypadku, gdy zabraknie napięcia zasilającego, w ten sposób zapobiegając rozładowaniu akumulatora przez dzielnik wyjściowy układu przetwornicy. Małe prądy rozładowania akumulatora są groźne; zwłaszcza te o wartości mniejszej niż prąd krytyczny rozładowania, który wyznacza się ze wzoru:

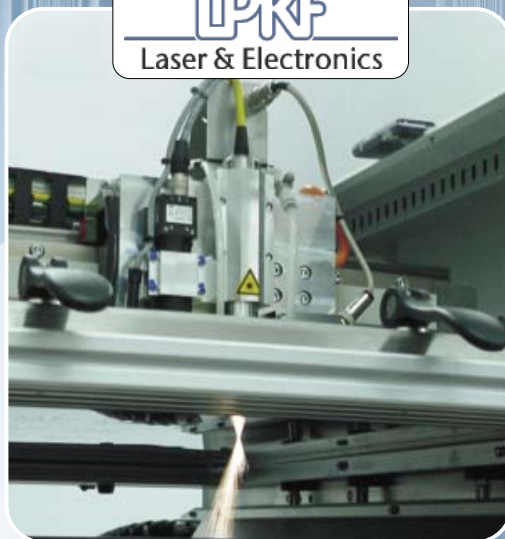
$$I_k = 0,2 \times I_{20}$$

SZABLONY WYCINANE LASEROWO

max wymiary: 600 x 600 mm
grubość blachy 80um - 250um
materiał: stal SS304, nikiel

Najnowsze urządzenie
do wycinania szablonów:

LPKF
Laser & Electronics



SEMICON Sp. z o.o.

ul. Zwoleńska 43/43 A

04 - 761 Warszawa

tel.: 022 615 73 71

022 615 64 31

szablony@semicon.com.pl

www.semicon.com.pl



gdzie:

I_k – prąd krytyczny rozładowania,

I_{20} – prąd dwudziestogodzinny.

W przypadku braku zasilania zewnętrznego cewka przekaźnika nie jest zasilana i styki się otwierają. Elementy R22, C14 tworzą układ gasikowy przeciwdziałający wypalaniu styków. Trzy kondensatory (C8, C9, C19) służą do eliminacji zakłóceń o dużych częstotliwościach. Pokazany na schemacie symbol uziemienia (punkt J9) oznacza połączenie do metalowej i uziemionej obudowy zasilacza. Sygnalizacja aktywnej pracy zasilacza jest realizowana za pomocą diody świecącej LED (elementy D5 i R5).

Złącze Z4. Jest to wejście sterujące, służące do uaktywnienia ładowania powrotnego. Włączenie tranzystora Q1 powoduje zmianę stosunku podziału dzielnika napięcia i podwyższenie napięcia wyjściowego zasilacza (por. opis złącza Z5). Ładowanie powrotne powinno być wykonane zawsze bezpośrednio po rozładowaniu akumulatorów. Może nad tym czuwać mikrokontroler lub zewnętrzny komputer PC. Do określenia stanu rozładowania akumulatora należy użyć zewnętrznego układu komparatora, który porównuje napięcie z elektrod z napięciem referencyjnym odpowiadającym minimalnemu napięciu, do jakiego może być rozładowany akumulator. Po wykryciu tego stanu komparator steruje przekaźnikiem, który odłącza obciążenia od akumulatora.

Złącze Z5. Wejście do podłączenia termistora. To dzięki temu wejściu zasilacz nabywa cech wyjątkowych – może dostrajać napięcie ładowania zgodnie ze zmianami temperatury akumulatora. Termistor typu NTC RH16 2k musi być umieszczony na akumulatorze, tak aby mierzyć dokładnie jego temperaturę. Poprzez rezystory separujące (R23, R24) jest podłączony jako element dzielnika napięcia wyjściowego (R6, R20, R4 i P1), tworzącego sprzężenie zwrotne do układu U1. Za pomocą potencjometru P1 ustala się warunki początkowe, tj. napięcie wyjściowe w temperaturze 20°C (rezystancja termistora wynosi wtedy 2,44 kΩ). To ustawione napięcie powinno mieć wartość 13,6 V (2,27 V/ogniwo), gdy Q1 jest wyłączony i 14,7 V (2,45 V/ogniwo), gdy Q2 jest włączony. Wykres napięcia wyjściowego ładowarki uzyskany w układzie kompensacji temperaturowej pokazano na rys. 5. Zasilacz może pracować również bez podłączonego termistora, ale wówczas oczywiście nie następuje korekta napięcia ładowania. W miejsce termistora należy wtedy wstawić opornik o wartości 2,44 kΩ.

Złącze Z6. To złącze jest podłączone do układu regulacji ograniczania prądu wyjściowego i zostało zaimplementowane na wypadek potrzeby zdalnej regulacji (z mikrokontrolera lub komputera zewnętrznego

go poprzez przetwornik C/A albo ręcznie za pomocą potencjometru) maksymalnego prądu wyjściowego. Układ ogranicznika prądu wyjściowego jest zbudowany w oparciu o wzmacniacz operacyjny U3 (LM321) pracujący jako integrator. Wzmacniacz mierzy prąd wyjściowy poprzez monitorowanie spadku napięcia na rezystorze bocznikowym R7. Ten spadek napięcia jest porównywany z napięciem na wejściu nieodwracającym. W razie konieczności ograniczenia prądu wzmacniacz reguluje pracę wewnętrznych układów stabilizatora U1 tak, by nie została przekroczona nastawiona wartość prądu. Dioda D9 służy do odłączania wyjścia wzmacniacza od stabilizatora w sytuacji, gdy prąd wyjściowy jest mniejszy od nastawionej wartości granicznej. Wzmacniacz pracuje wówczas jak komparator i na jego wyjściu pojawia się wysokie napięcie, które mogłoby zakłócić pracę stabilizatora U1. W przypadku braku konieczności regulacji prądu ograniczania zwora ZW1 jest zwarta.

Maksymalny prąd wyjściowy zasilacza wynosi wtedy 2,5 A. Jeżeli zajdzie potrzeba, by zasilacz pracował z prądem wyjściowym dowolnie mniejszym niż maksymalny, to przez dobór opornika R9 można dowolnie nastawić stałą wartość prądu z zakresu 0...2,5 A. Prąd wyjściowy określa wzór:

$$I_o = 500 / (10 + 0,1 \times R9),$$

gdzie:

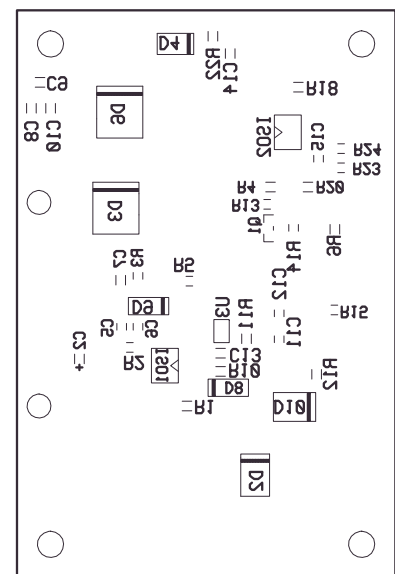
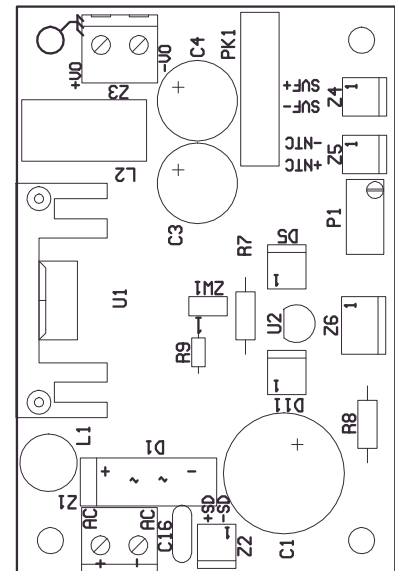
I_o – prąd wyjściowy ładowarki w [A],

R9 – wartość rezystora podana w [Ω].

Gdy istnieje konieczność płynnej regulacji prądu wyjściowego zasilacza, wtedy można to robić ręcznie – potencjometrem o rezystancji 2 kΩ podłączonym do złącza Z6 (suwak do końcówki 2) lub za pomocą przetwornika C/A sterowanego mikrokontrolerem lub z komputera PC (wyjście przetwornika jest podłączane do końcówki 2, a masa do wyprowadzenia 3; zakres napięć wyjściowych przetwornika powinien wynosić 0...5 V). Stabilizator U2 został zastosowany do wypracowania napięcia niezbędnego do zasilania wzmacniacza operacyjnego U3. Dioda LED D11 sygnalizuje obecność wyjściowego napięcia zasilającego.

Uwagi końcowe

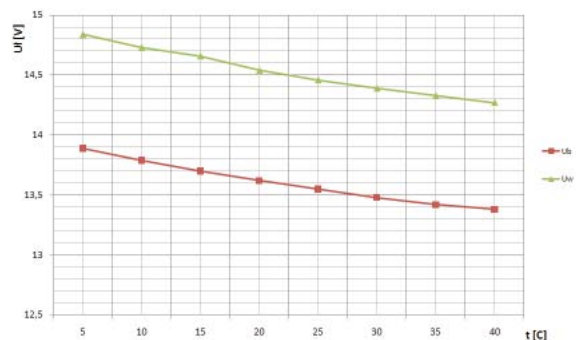
Opisany zasilacz został przedstawiony jako kompensowana termicznie ładowarka akumulatorów. Może być stosowany w urządzeniach alarmowych jako zasilacz buforowy, w przenośnych urządzeniach nagłaśniających lub zabawkach, ale równie dobrze można go wykorzystać jako zasilacz



Rys. 2. Schemat montażowy

uniwersalny, np. do sterowania silnikami czy oświetleniem. W zależności od aplikacji można wówczas odstąpić od montowania niektórych elementów (np. układu kompensacji temperaturowej, włączania ładowania wyrównawczego, przekaźnika itd.), co pozwoli uprościć całą konstrukcję.

Ireneusz Kwiatkowski
Mieczysław Kręciejewski



Rys. 3. Wykres kompensacji temperaturowej