

Układ rozładowania akumulatorów

Do czego to służy?

W artykułach z cyklu "Dodatnie sprzężenie zwrotne", dotyczących akumulatorów NiCd podano, że w akumulatorach tych może wystąpić tak zwany efekt pamięciowy. Polega on na tym, że jeśli akumulator przez pewną ilość cykli pracy nie jest w pełni rozładowywany, to niejako "zapamiętuje" ilość energii pobieranej w każdym cyklu rozładowania i potem zachowuje się, jak akumulator o małej pojemności. Po prostu traci pojemność.

Urządzenie niezbędne każdemu użytkownikowi akumulatorów NiCd

- prosta budowa
- niski koszt
- regulacja prądu rozładowania przez zmianę wartości rezystora
- możliwość dostosowania do dowolnego napięcia (ilości ogniw)

Żeby zapobiec takiemu szkodliwemu zjawisku należy przynajmniej co kilka cykli pracy w pełni rozładować akumulator.

Co prawda powody utraty pojemności mogą być rozmaite - nie zawsze główną przyczyną jest efekt pamięciowy. Poszczególne ogniwa starzeją się w różnym stopniu i po pewnym czasie mają różną pojemność. Użytkownicy akumulatorów NiCd dobrze wiedzą, że podawana w materiałach reklamowych trwałość, czyli ilość cykli ładowania i rozładowywania, niewiele ma wspólnego z rzeczywistością. Szczególnie, jeśli chodzi o tanie, niemarkowe akumulatory.

Ale niewątpliwie warto wyeliminować możliwość wystąpienia efektu pamięciowego. W tym celu wystarczy przed ładowaniem wstępnie rozładować wszystkie akumulatory. Na **rysunku 1** pokazano najprostszy sposób rozładowania z użyciem żarówki lub rezystora.

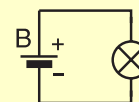
Akumulator nie powinien jednak być rozładowany do granic możliwości, czyli do napięcia równego zeru, bo to zmniejsza znacznie jego trwałość. Przy rozładowaniu należałoby kontrolować napięcie

podczas rozładowania i odłączyć obciążenie, gdy napięcie na akumulatorze spadnie do 0,8...1V.

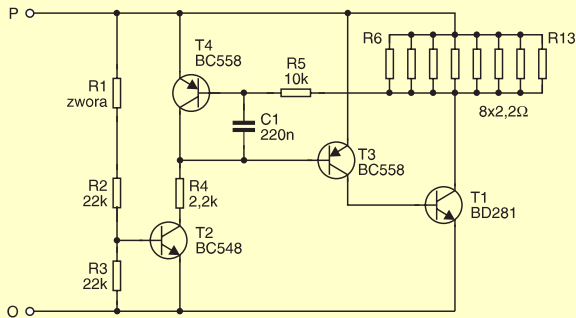
Jest to zadanie dość kłopotliwe, tym bardziej, że najczęściej spotyka się pojedyncze akumulatory w kształcie standardowych baterii (zwykle R6).

Potrzebne jest urządzenie rozładowujące, które potrafi niezależnie rozładować kilka akumulatorów do napięcia 0,8...1V/ogniwo.

Dla pewności każde ogniwo należy rozładowywać oddzielnie. Próba rozładowania kilku ogniw połączonych szeregowo może nie dać dobrych rezultatów, ponieważ pojemności poszczególnych ogniw najczęściej znacznie się różnią. Jedynym wyjątkiem są nierozbieralne zestawy akumulatorów NiCd, gdzie nie



Rys. 1. Prosty obwód rozładowania.



Rys. 2. Schemat ideowy układu.

ma innej możliwości. W takim przypadku trzeba rozładować cały zestaw do napięcia około (0,9V x liczba ogniwi).

Artykuł przedstawia proste urządzenie do automatycznego rozładowania czterech akumulatorów.

Jak to działa?

Schemat ideowy jednego z czterech identycznych układów jest pokazany na rysunku 2.

W układzie można wyróżnić dwa obwody:

- obwód źródła prądowego (z tranzystorami T1, T3, T4)
- obwód czujnika napięcia (z tranzystorem T2).

Prąd rozładowujący płynie przez tranzystor T1 i rezystory R6...R13. Rezystory te wyznaczają wartość prądu rozładowania. Prąd rozładowania można dobrać w zakresie kilku mA...kilku A. Przy większych prądach, do wysterowania tranzystora T1 potrzebny może być znaczny prąd w obwodzie jego bazy. Prąd ten jest dostarczany przez tranzystor T3. Tranzystory T1 i T3 pracują w układzie przypominającym układ Darlingtona. W układzie nie można jednak zastosować klasycznego układu Darlingtona (patrz rysunek 3a i 3b), ponieważ tranzystory zaczynają przewodzić dopiero przy napięciu między bazą a emitorem rzędu 1,1...1,2V. Tymczasem opisany układ musi pracować przy napięciach rzędu 0,8...1V. Dlatego konieczne stało się zastosowanie zmodyfikowanego układu Darlingtona (porównaj rysunek 3c i 3d).

Działanie obwodu źródła prądowego jest następujące: prąd płynący przez tranzystor T2 i rezystor R4 otwiera tranzystor T3. Prąd płynący przez T3 otwiera tranzystor T1.

W zasadzie wystarczyłoby umieścić rezystory ograniczające prąd (R6...R13) w obwodzie emitera tranzystora T1 i nie stosować tranzystora T4. Wtedy jednak prąd rozładowania silnie zależałby od napięcia akumulatora. Ponieważ urządzenie będzie stosowane zarówno do rozładowania pojedynczych ogniwi, jak i nierozbieralnych zestawów o znacznie wyższych napięciach, dla uniezależnienia prądu rozładowania od napięcia zastosowano obwód automatycznej regulacji prądu z tranzystorem T4. Jeśli napięcie na rezystorach R6...R13 przekroczy 0,6V, tranzystor T4 zacznie się otwierać i przejmie (zabierze) część prądu płynącego dotychczas do bazy tranzystora T3. Tym samym prąd płynący przez T1 zostanie zmniejszony do takiej wartości, która na rezystorach R6...R13 da napięcie około 0,6V.

W efekcie prąd rozładowania prawie nie zmienia się w szerokim zakresie napięć pracy. Kondensator C1 zapobiega samowzbudzeniu układu.

W praktyce prąd rozładowania wybiera się w zakresie 0,2...0,5C (C - pojemność akumulatora w amperogodzinach).

Potem należy obliczyć potrzebną wypadkową rezystancję R6...R13:

$$R_x = 0,52V / I_{rozł}$$

gdzie R_x to wypadkowa rezystancja równoległego połączenia R6...R13. Przykładowo dla akumulatorów o pojem-

ności $C = 600mAh$ można przyjąć prąd rozładowania około 240mA. Wtedy potrzebna rezystancja R_x wyniesie około 2,2Ω. Ponieważ rezystory o tak małych wartościach są mniej popularne, w układzie przewidziano miejsce na osiem rezystorów. Potrzebną rezystancję można złożyć z kilku połączonych równolegle.

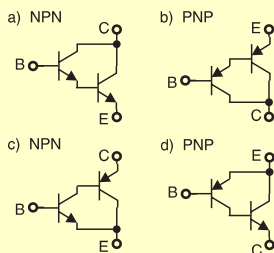
Teoretycznie do obliczenia wartości rezystorów ustalających prąd wypadłoby przyjąć, że napięcie baza-emiter (U_{BE}), przy którym tranzystor jest otwierany, wynosi 0,6...0,7V (tak podaje wiele podręczników). W rzeczywistości zależność prądu bazy od napięcia U_{BE} jest wykładnicza, co znaczy, iż nawet przy napięciach U_{BE} równym 0,4 czy 0,5V, w obwodzie bazy płynie jakiś niewielki prąd. Dlatego w podanym wzorze należy przyjąć napięcie otwierania tranzystora T2 w granicach 0,48V.

Zastosowanie źródła prądowego powoduje, że przy większych napięciach akumulatora, większość traconej mocy wydziela się w tranzystorze T1. Przy rozładowaniu zestawów akumulatorów o napięciach wyższych od 1,2V prądem większym niż kilkadziesiąt miliamperów, tranzystor T1 należy wyposażyć w radiator z kawałka blachy.

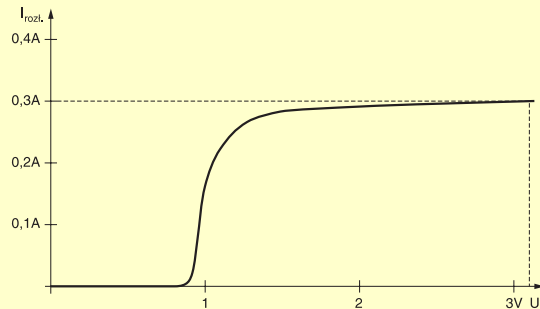
Natomiast moc wydzielana na rezystorach R6...R13 jest niewielka - przy prądzie rozładowania równym 1A moc tracona na tych rezystorach wyniesie tylko około 0,6W.

Drugą ważną częścią układu jest obwód z tranzystorem T2. Omówiony wcześniej układ źródła prądowego może pracować tylko wtedy, gdy tranzystor T2 jest otwarty. Jeśli napięcie akumulatora spadnie, tranzystor T2 zostanie zatkany i tym samym przestanie też płynąć prąd przez źródło prądowe - prąd rozładowania zostanie zmniejszony. Zapobiegnie to nadmiernemu rozładowaniu akumulatora.

Dzielnik rezystorów R1, R2 i R2 wyznacza napięcie, przy którym zostanie zatkany tranzystor T2, czyli napięcie końcowe rozładowania akumulatora. Teoretycznie do obliczenia wartości rezystorów tego dzielnika znów należałoby przyjąć, że napięcie baza-emiter (U_{BE}), przy którym tranzystor T2 zostanie zamknię-



Rys. 3. Klasyczny (a, b) oraz zmodyfikowany (c, d) układ Darlingtona.



Rys. 4. Charakterystyka układu.

Tabela 1.

Napięcie akumulatora	Prąd rozładowania
0,3V	0,006A
0,4V	0,009mA
0,5V	0,012A
0,6V	0,02mA
0,7V	0,07mA
0,8V	0,8mA
0,85V	3mA
0,9V	10mA
0,95V	75mA
1,0V	160mA
1,1V	220mA
1,2V	240mA
1,3V	270mA
1,5V	280mA
2V	290mA
3V	300mA
5V	320mA
10V	360mA

ty, wynosi 0,6...0,7V. Ponieważ zależność prądu bazy od napięcia U_{BE} jest wykładnicza, więc przy obliczaniu elementów dzielnika należy przyjąć umowne napięcie zamykania tranzystora T2 w granicach 0,42...0,48V.

Żeby uzyskać napięcie końcowe rozładowania w granicach 0,9V należy zastosować wartości elementów podane na schemacie.

Rysunek 4 pokazuje uzyskaną charakterystykę napięciowo-prądową.

Dokładniejsze dane zawiera **tabela 1**, pokazująca, że w zakresie napięć powyżej 1V prąd rozładowania jest bliski wyliczonej wartości nominalnej, a przy spadku napięcia akumulatora prąd szybko maleje. Podany wcześniej wzór związany z prądem ładowania dotyczy napięcia nominalnego ogniwa NiCd, równo 1,2V.

Przy rozładowaniu zestawów o wyższym napięciu należy w miejsce R1 zamiast zwory wlutować rezystor o wartości obliczonej, albo lepiej - dobranej eksperymentalnie.

Montaż i uruchomienie

Opisany układ można zmontować na płytce pokazanej na **rysunku 5**. Na płytce przewidziano miejsce na cztery identyczne układy - umożliwi to jednoczesne

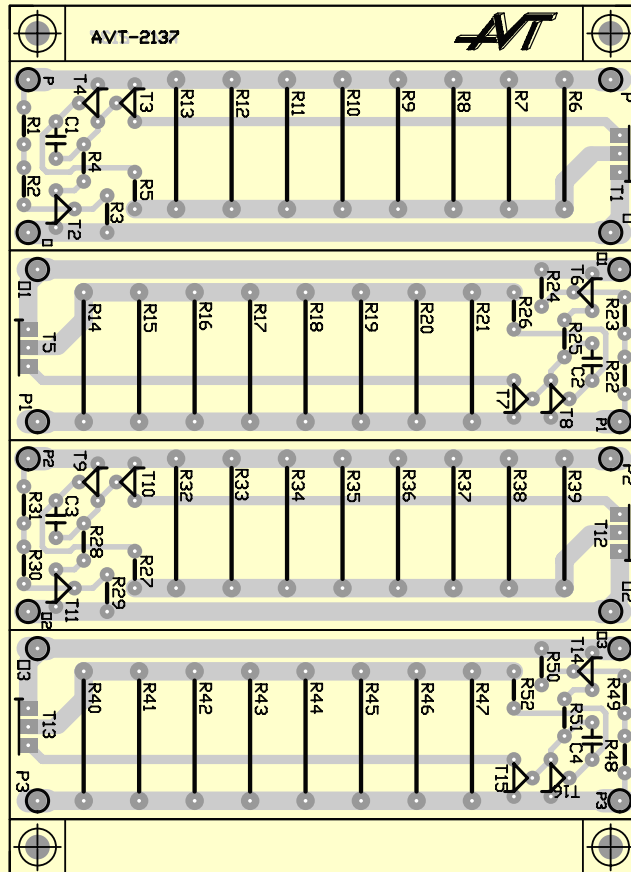
Uwaga! Efekt pamięciowy występuje tylko w akumulatorach NiCd. Opisane urządzenie eliminuje ten efekt, a ponadto zapobiega przeladowaniu. Ze względu na zapobieganie przeladowaniu, opisane urządzenie może być także z powodzeniem wykorzystywane do wyrównawczego rozładowania poszczególnych ogniw akumulatorów kwasowych i zasadowych NiMH przed ładowaniem.

0,8...0,9V, przewidziane do rozładowania czterech "paluszków R6".

Fotografia pokazuje model ze zmontowanym tylko jednym torem.

Urządzenie można dostosować do innych prądów i napięć przez wlutowanie rezystorów R1 i R7...R13 o odpowiednich wartościach.

Zbigniew Orłowski



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

i niezależne rozładowanie czterech akumulatorów.

Montaż nie sprawi trudności, a układ po zmontowaniu nie wymaga żadnego uruchamiania.

W zestawie AVT-2137 dostarczone będą elementy dla wszystkich czterech układów. Dostarczone rezystory wyznaczają prąd rozładowania około 0,24A i napięcie końcowe rozładowania około

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: zwora
R2, R3: 22kW, 8 szt.
R6, R7: 2,2W, 4 szt.
R7...R13: nie występują w układzie

Kondensatory

C1: 220nF

Półprzewodniki

T1: BD281...285, 4szt
T2: BC547...9, 4 szt.
T3, T4: BC557...9, 8 szt.

Różne

koszyk na 4 ogniwa R6, 1 szt.
przewody - tasiemka

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako "kit szkolny" AVT-2098.