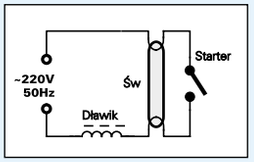
Przetwornica świetlówki kompaktowej z 12V

Często się zdarza, że potrzebne jest wydajne źródło światła o dużej mocy w miejscu, gdzie brakuje zasilania sieciowego. Na rynku można kupić latarki wyposażone zazwyczaj w świetlówki o mocy 6W. Oświetlenie nimi średniego namiotu, czy przyczepy kempingowej nie jest wcale sprawą łatwą. Proponuję, wykonanie przetwornicy, która pozwoli nam wykorzystać popularne i łatwo dostępne świetlówki kompaktowe.

Lampa fluorescencyjna popularnie zwana świetlówką jest źródłem światła o znacznie większej sprawności niż żarówka. Skuteczność świecenia świetlówki waha się w granicach 55-70 lm/W, natomiast żarówki 6-30 lm/W. Trwałość świetlówki dochodzi do ok. 6 tysięcy godzin, a żarówki ok. tysiąca (np. ilość światła wytwarzana przez 23W świetlówkę kompaktową odpowiada 150W żarówce). Jednak, aby osiągnąć tak dużą żywotność świetlówki należy wyposażyć ją w układ zapłonowy o specjalnie dobranych parametrach. Prawidłowy zapłon zapewnia klasyczny układ zasilania i włączania świetlówki **(rys.1)**.

W układzie tym po załączeniu zasilania przez wszystkie elementy (dławik, starter oraz oba żarniki świetlówki) zaczyna płynąć prąd. Żarniki (katody) rozgrzewając się podnoszą temperaturę gazu wypełniającego rurę świetlówki. Dzięki temu obniża się napięcie zapłonu z 500V do 100...150V. Jednocześnie przepływający prąd rozgrzewa bimetaliczny stycznik startera, który po osiągnięciu pewnej temperatury przerywa swój obwód. W tym momencie w dławiku indukuje się napięcie, które bez trudu zapala świetlówkę. W czasie normalnej pracy na świetlówce utrzymuje się stałe napięcie ograniczone przez dławik do wartości rzędu 50...80V. Parametry dławika oraz startera są specjalnie dobrane do mocy lampy. W popularnych latarkach-świetlówkach stosowany jest inny sposób zapalania lampy jarzeniowej. Napięcie zapłonu zimnej świetlówki wynosi ok. 500V. Przyłożenie napięcia wyższego do jej elektrod powoduje zapłon. Jest to tzw. zimny zapłon, który bardzo niekorzystnie wpływa na żywotność lampy. Praktycznie już po kilkudziesięciu włączeniach na końcach świetlówki pojawiają się ciemne pasy świadczące o jej zużyciu. Do tego typu zapłonu należałoby zastosować specjalne świetlówki, które są jednak trudno dostępne i drogie. Schemat przetwornicy tego typu przedstawia **rysunek 2**.

Rys. 1 Klasyczny układ zasilania i włączania świetlówki



Skonstruowanie przetwornicy, która zapewniałaby prawidłowe zasilanie i zapłon świetlówki działającej w szerokim zakresie napięć zasilających oraz o dużej sprawności jest zadaniem bardzo skomplikowanym i trudnym do realizacji przez konstruktora amatora. Rozwiązanie problemu stanowią dostępne od kilku lat w kraju świetlówki zwane kompaktowymi lub energooszczędnymi. Podstawową zaletą takiej lampy jest umieszczenie wewnątrz jej obudowy całego układu potrzebnego do prawidłowego działania. Dzięki temu oraz dzięki miniaturyzacji i zastosowaniu standardowego cokołu żarówki, można je stosować wymiennie ze zwykłymi żarówkami.

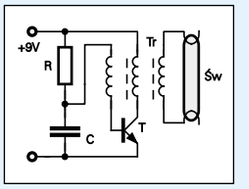
Świetlówki kompaktowe można podzielić na dwie kategorie. Pierwszą, starszą, jest taka, w której zastosowano klasyczny układ zapłonu i startu, tylko zminiaturyzowany. Druga grupa, która nas interesuje to taka, gdzie zastosowano elektroniczną przetwornicę. Przetwornica tego typu pracuje z częstotliwością kilkudziesięciu kHz oraz zasilana jest z wyprostowanego napięcia sieci, czyli ok. 310V (prostownik, zwykle mostek Graetza znajduje się wewnątrz obudowy lampy). Zasadę działania przedstawia **rysunek 3**.

Lampa normalnie zasilana jest napięciem zmiennym 220V 50Hz, ale równie dobrze można ja zasilać napięciem stałym 310V (wartość skuteczna zmiennego napięcia sieci 220V).W tym wypadku wewnętrzny prostownik nie gra roli.

Opis układu

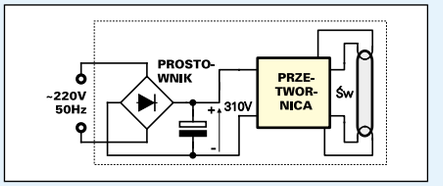
Schemat elektryczny układu przedstawiono na **rysunku 4**. Przetwornica zaprojektowana została w układzie typu PUSH-PULL z wykorzystaniem tranzystorów MOSFET oraz scalonego, uniwersalnego sterownika SG 3524 firmy Texas Instruments. Układ scalony SG3524 zawiera wszystkie potrzebne elementy sterowania i kontroli niezbędne do poprawnej pracy przetwornicy. Opis wyprowadzeń pokazuje **rysunek 5**.

Schemat blokowy układu przedstawia **rysunek 6**. Jak widać wewnątrz układu znajdują się: oscylator, źródło napięcia



Rys. 2

Rys. 3



odniesienia 5V, komparator, wzmacniacz błędu, obwód zabezpieczenia prądowego, elektroniczny włącznik oraz układ formujący przebiegi wyjściowe.

Wewnętrzny oscylator generuje przebieg piłokształtny o częstotliwości zależnej od wartości elementów RTCT (w tym wypadku 50kHz). Przebieg piłokształtny porównywany jest w komparatorze z napięciem wzmacniacza błędu, w wyniku czego powstaje przebieg prostokątny o stałej częstotliwości, ale zmiennym wypełnieniu. Następnie przebieg ten skierowany jest na wejścia obydwu bramek NOR, które sterują wewnętrznymi kluczami tranzystorowymi. Aby jednak układ działał prawidłowo klucze muszą być porównuje napięcie założone z rzeczywistym. Podobnie działa ogranicznik prądu. Obydwa te elementy wraz z elektronicznym włącznikiem sterują komparator. Wszystkie elementy prócz bramek NOR zasilane są stałym napięciem 5V z wewnętrznego stabilizatora.

Opis wyprowadzeń układu SG 3524

Nóżka 1 - wejście nieodwracające wzmacniacza błędu, wejście odwracające jest dostępne na wyprowadzeniu **2** (zakres napięć wejściowych: od 1,8V do 3,4V, optymalnie 2,6V).

Nóżka 3 - wyjście oscylatora (w tym wypadku niewykorzystana).

Nóżka 4 - wejście odwracające, a nóżka **5** nieodwracające ogranicznika prądu, (aby uruchomić ograniczenie prądowe należy przyłożyć na nóżkę 4 napięcie większe o 200mV niż na nóżkę 5).

Nóżka 6 - wejście oscylatora, do której należy podłączyć rezystor (od 1,8kΩ do 100kΩ).

Nóżka 7 - wejście oscylatora, do której należy podłączyć kondensator (od 1nF do 100nF).

Nóżka 8 - masa.

Nóżka 9 - może służyć do regulacji wypełnienia przebiegu wyjściowego. Zwarta do masy wyłącza przetwornicę. Podłączenie do niej kondensatora o wartości kilku mikrofaradów umożliwia miękki start przetwornicy.

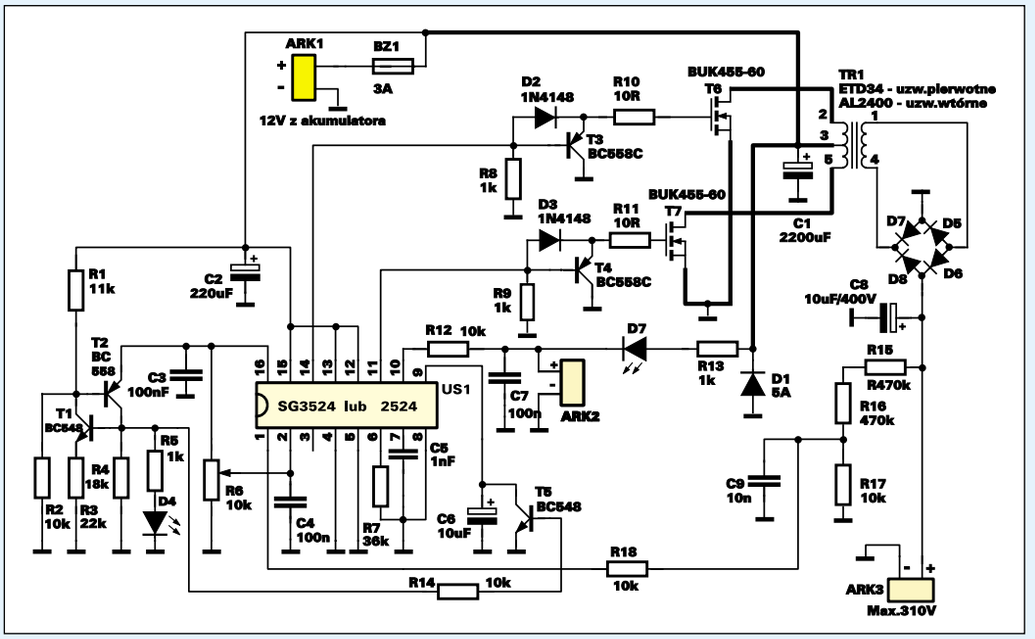
Nóżka 10 - wejście włącznika elektronicznego. Podłączenie do masy lub pozostawienie wolnej uruchamia przetwornicę. Podłączenie do zasilania - wyłącza ją.

Nóżki 11 i 14 - emitery wewnętrznych tranzystorów mocy, a **nóżki 12 i 13** to ich kolektory.

Nóżka 15 - zasilanie (max. 40V).

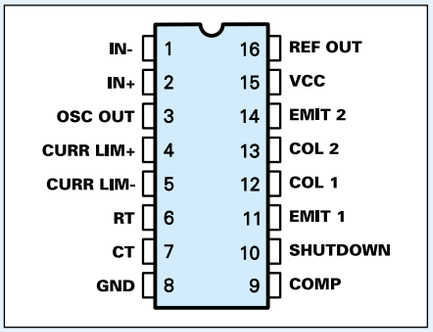
Nóżka 16 - wyjście wewnętrznego stabilizatora napięcia 5V.

Po włączeniu, zasilania układ scalony zaczyna generować przebieg prostokątny na wyprowadzeniach 11 i 14 o maksymalnym wypełnieniu ok. 50%. Tranzystory wyjściowe znajdujące się wewnątrz układu SG3524 odpowiadają za szybkie wprowadzenie tranzystorów mocy MOSFET T6, T7 w stan nasycenia. Za



Rys. 4 Schemat

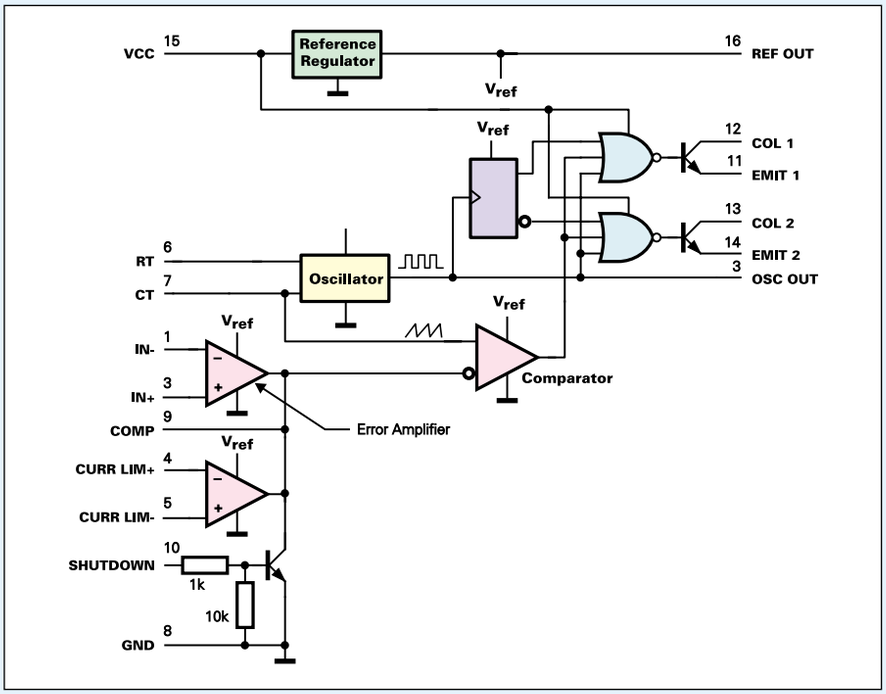
Rys. 5



włączone na zmianę. Zadanie to realizuje przerzutnik typu T (dzielnik przez 2) sterowany przebiegiem prostokątnym z oddzielnego wyjścia oscylatora. Wzmacniacz błędu

Nap.wej. (zasilania)	Nap. wyj.
10,0V	234V
10,5V	247V
11,0V	260V
11,5V	271V
12,0V	284V
12,5V	296V
13,0V	306V
13,5V	310V
14,0V	310V

Rys. 6



równie szybkie wyłączenie ich odpowiadają tranzystory T3, T4.

Tranzystory mocy, których działanie można porównać do kluczy zwierają na przemian cewki uzwojenia pierwotnego L1, L2 do masy. Przepływ prądu w uzwojeniu pierwotnym powoduje gromadzenie się energii magnetycznej w rdzeniu przez czas włączenia klucza. Podczas włączenia kluczy energia zostaje przekazana na wyjście transformatora. Napięcie zmienne powstałe w ten sposób zostaje wyprostowane przy pomocy mostka Graetza opartego na czterech wysokonapięciowych diodach BA 159. Kondensator C8 ma za zadanie wygładzenie tętnień napięcia wyjściowego. Prosty dzielnik rezystorowy R15, R16, R17 stanowi część ujemnego sprzężenia zwrotnego ogranicznika napięcia wyjściowego. Dzielnik o podziale ok. 1:100 ma za zadanie dopasowanie wysokiego napięcia wyjściowego do poziomu, jakie toleruje sterownik (1,8V...3,4V). W tym wypadku ok. 3V.

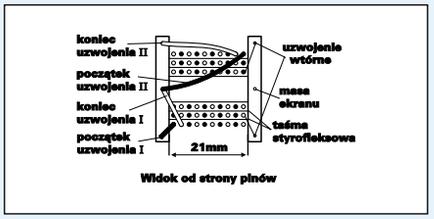
Bardzo ważne podwójne zadanie spełnia bezpiecznik BZ1 o wartości 3A. Sam zabezpiecza przetwornice przed zwarciem (również na wyjściu). Natomiast wraz z diodą D1 zabezpiecza przed odwrotnym podłączeniem zasilania. Dlatego też należy go bezwzględnie użyć. Dioda D7 sygnalizuje prawidłowe zasilanie i stan bezpiecznika.

Elementy R1, R2, R3, R4, T1, T2 tworzą przerzutnik Schmitta, który poprzez tranzystor T5 wyłącza przetwornicę, jeżeli napięcie zasilania spadnie poniżej 10V. Histereza jest tak dobrana, aby ponowne włączenie przetwornicy nastąpiło przy ok. 11,5V. Dioda D4 swoim świeceniem sygnalizuje rozładowanie akumulatora.

Transformator

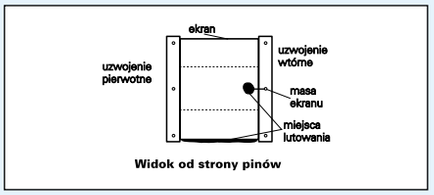
Do budowy transformatora użyłem rdzenia typu ETD 34 produkcji POLFER o stałej AL = 2400 bez szczeliny, wykonany z materiału ferromagnetycznego mocy F-807. Najpierw, na karkasie należy nawinąć uzwojenie wtórne (220 zwojów drutu w emalii o średnicy 0,25mm). Zwój koło zwoju, każda warstwa przełożona np. taśmą styroflekssową. Uzwojenie pierwotne nawija się jednocześnie dwoma odcinkami drutu w emalii o średnicy 1mm. Ponieważ karkas ma szerokość wewnętrzną 21mm, to 210 zwojów powinno utworzyć jedną warstwę. Końce wszystkich uzwojeń łączymy z punktami lutowniczymi karkasu według **rysunku 7**. Szczególną uwagę należy zwrócić na uzwojenie pierwotne. Koniec pierwszego uzwojenia (L1) musi być połączony z początkiem drugiego (L2).

W celu minimalizacji zakłóceń transformator można zaekranować używając do tego cienkiej blachy miedzianej o grubości 0,1mm (**rys. 8**). Nachodzący na siebie ekran lutuje się. Ekrany należy połączyć razem do masy poprzez jedno z wyprowadzeń karkasu. Po całkowitym uruchomieniu przetwornicy transformator można zanurzyć na parę minut w lakierze bezbarwnym.



Rys. 7

Rys. 8



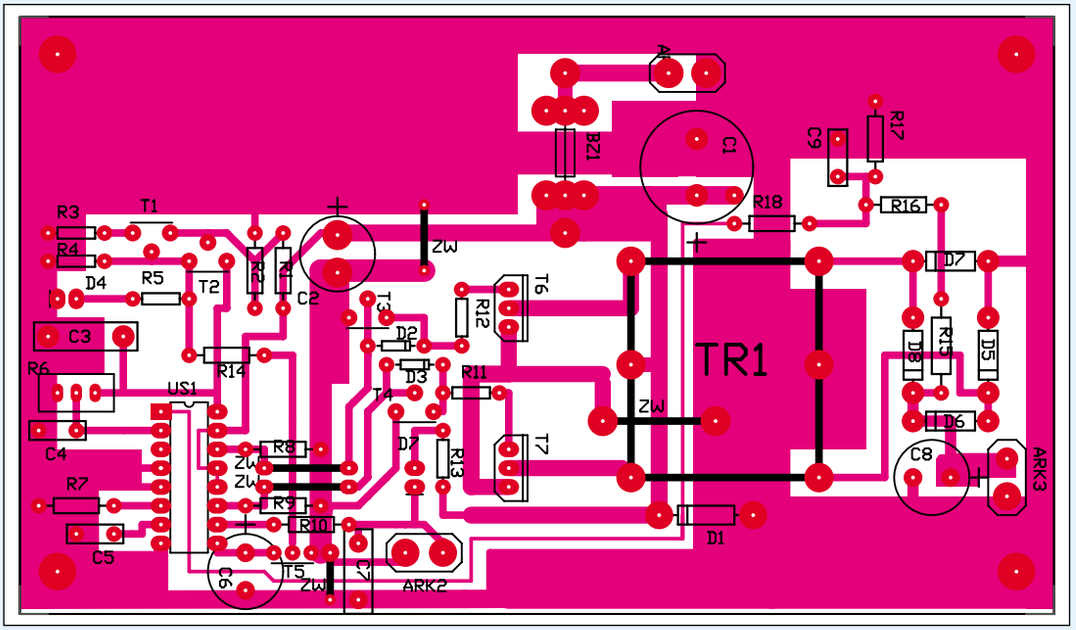
Montaż i uruchomienie

Płytkę drukowaną wraz z rozmieszczeniem elementów przedstawia **rysunek 9**. Układ należy zmontować według typowych zasad. Na początek proponuję nie montować transformatora, co ułatwi uruchomienie i wykrycie ewentualnych błędów. Do uruchomienia najlepiej jest zastosować zasilacz o regulowanym napięciu (10-14V) i prądzie. Można również zastosować akumulator 12V np. samochodowy, ale wówczas niezbędny jest bezpiecznik (100mA do uruchomienia). Ponieważ układ SG3524 pobiera ok. 10mA, zabezpieczenie prądowe zasilacza można ustawić na 100mA, co w zupełności wystarczy do jego sprawdzenia.

Po użyciu elementów sprawnych i właściwej wartości układ powinien działać od razu. Sterownik uruchamia się zwierając wyprowadzenia złącza ARK2 (dioda D7 powinna się zapalić). Na nóżce 3 powinien pojawić się wówczas przebieg o częstotliwości ok. 50kHz. Po podłączeniu oscyloskopu do bramki któregoś z tranzystorów MOSFET (T6 lub T7) na ekranie powinien pojawić się regularny przebieg prostokątny o wypełnieniu ok. 50%, amplitudzie zbliżonej do napięcia zasilania i częstotliwości dwa razy mniejszej niż częstotliwość pracy oscylatora, czyli ok. 25kHz. Napięcie na nóżce 16 SG3524 powinno wynosić 5V. Napięcie na nóżce 2 powinno dać się regulować przy pomocy rezystora nastawnego R6 w granicach od 0 do 5V. Po obniżeniu napięcia zasilania poniżej 10V dioda D4 powinna się zaświecić, a na nóżce 9 powinno pojawić się napięcie ok. 0V.

Teraz można zamontować już transformator. Ponieważ transformator jest symetryczny, trzeba pamiętać o właściwym jego wlutowaniu. Na początku przetwornicę należy uruchomić bez obciążenia. Po włączeniu należy zmierzyć napięcie wyjściowe korzystając ze złącza ARK3. Jeżeli różni się od 310V to trzeba je wyregulować rezystorem nastawnym R6. Po tym zabiegu można podłączyć świetlówkę. Jeżeli się zaświeci to możemy uznać, ze przetwornica działa prawidłowo. Dobrze jest jeszcze ocenić pobór prądu przez przetwornicę w czasie pracy. Przy obciążeniu przetwornicy świetlówką o mocy 23W i zasilaniu 12V pobór prądu nie przekraczał 1,9A.

Rys. 9



Uwagi dodatkowe

W celu zmniejszenia spadków napięć (zwiększenie sprawności) ścieżki prądowe (na schemacie wytłuszczone) można pogrubić cyną lub przylutować do nich odpowiednio uformowane odcinki miedzianego drutu o średnicy ok. 0,8mm (bardzo dobrze nadaje się do tego srebrzanka).

Przedstawiona przetwornica przy zasilaniu 12V i obciążeniu świetlówką 23W osiągnęła sprawność ok. 90% (od 86 do 94% w zależności od napięcia zasilania).

Pętla sprzężenia zwrotnego nie stabilizuje napięcia wyjściowego w całym zakresie napięcia zasilania. Właściwie służy ona tylko do tego, aby na wyjściu przetwornicy nigdy nie pojawiło się napięcie wyższe niż 310V. Po obciążeniu przetwornicy świetlówką o mocy 23W napięcie wyjściowe przestawało być stabilizowane poniżej 13V (patrz **tabela 1**) co oznacza, że poniżej tego napięcia przetwornica pracowała z maksymalnym współczynnikiem wypełnienia. Nie jest to wbrew pozorom wada. To właśnie przy pracy z maksymalnym wypełnieniem przebiegu sterującego (50%) przetwornica uzyskuje największą sprawność. Niestabilne napięcie na wyjściu przetwornicy praktycznie nie wpływa na intensywność świecenia świetlówki (automatyka świetlówki radzi sobie z tym doskonale). Nieznaczne pogorszenie świecenia można zauważyć przy minimalnym napięciu zasilania 10V. Praca z maksymalnym współczynnikiem wypełnienia zmniejsza również zakłócenia emitowane przez przetwornicę. Ma to szczególne znaczenie, jeżeli chcemy posłuchać np. radia w jej pobliżu.

Tab. 1

Napięcie zasilania	8...40V
Wydajność prądowa	50 mA
Wew. stab. nap.	100mA
Wydajność prądowa	SG2524
Wew. tranzyst. mocy	SG3524
Zakres temp. pracy	0...+70°C

Dzięki dużej sprawności przetwornicy zbędne okazało się chłodzenie tranzystorów przy pomocy radiatora. Po godzinie pracy z 23W świetlówką i zasilaniu 12V temperatura tranzystorów nie przekraczała 32°C, a przy zasilaniu 14V - 40°C. Mimo to, płytka umożliwia zastosowanie radiatora.

Przetwornica została praktycznie sprawdzona przy mocy obciążenia ok. 40W (dwie świetlówki 23W i 15W). Nie stwierdzono pogorszenia warunków pracy (tranzystory nadal nie wymagały specjalnego chłodzenia).

Zmieniając parametry transformatora można budować przetwornice na inne napięcia do ok. 100W mocy.

Przetwornica może być również wykorzystana jako automatycznie załączane zasilanie awaryjne schemat przedstawia **rysunek 10**.

Przy zasilaniu sieciowym przez przekaźnik płynie prąd. Wówczas jego styki przełączone są w taki sposób, że świetlówka zasilana jest tylko z sieci. Po zaniku napięcia sieciowego przekaźnik przestaje być zasilany, a jego styki samodzielnie przełączają się łącząc świetlówkę z przetwornicą.

Obudowa

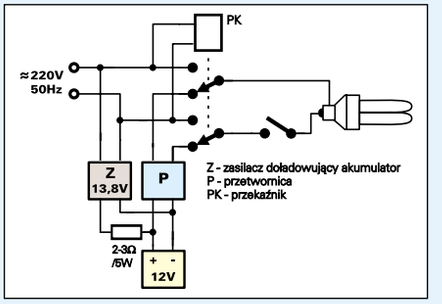
Płytka przetwornicy ma wymiary umożliwiające zamontowanie jej nad akumulatorem 12V 12Ah firmy YUASA lub podobnym. Szkic obudowy przedstawia **rysunek 11**. Urządzenie w wersji turystycznej powinno być wyposażone w wyłącznik umożliwiający fizyczne odłączenie akumulatora od przetwornicy. Wyłącznik ten powinien być umieszczony w taki sposób, aby nie można go było przełączyć przypadkowo np. w czasie transportu. Podczas eksploatacji najlepiej posługiwać się włącznikiem elektronicznym (złącze ARK).

W obudowie należy również zamontować gniazdo do podłączenia świetlówki oraz gniazdo do ładowania akumulatora. Akumulator można ładować ze stabilizowanego zasilacza sieciowego typu „wtyczkowego" o wydajności 1...1,2A i napięciu 13.8V z ograniczeniem prądowym w postaci 2..3 rezystorów o mocy 5W.

W razie utrudnionego dostępu do zasilania sieciowego, akumulator można ładować w samochodzie korzystając z gniazda zapalniczki. Można użyć także dostępnych w kraju ogniw baterii słonecznych. To ostatnie rozwiązanie jest chyba najlepsze, ponieważ uzależnia tylko od słonecznej pogody, której od ok. 10 lat w Polsce wiosną i latem nie brakuje.

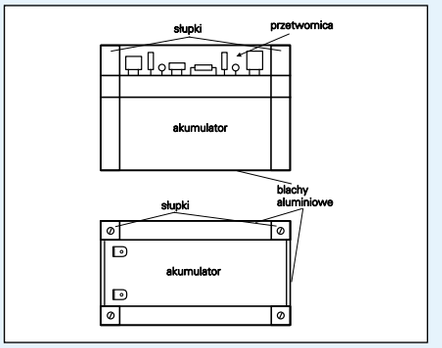
Olaf Janik

UWAGA! *W tym urządzeniu o znacznej mocy występują wysokie napięcia. Dlatego należy zachować szczególną ostrożność przy uruchamianiu i w czasie eksploatacji opisanej przetwornicy.*



Rys. 10 Schemat „AZR"

Rys. 11



Wykaz elementów

Rezystory

R1 ..... 11kΩ
R2,R12,R14,R17,R18 ..... 10kΩ
R3 ..... 22kΩ
R4 ..... 18kΩ
R5,R8,R9,R13 ..... 1kΩ
R6 ..... 10kΩ PR miniaturowy
R7 ..... 36kΩ
R10,R11 ..... 10Ω
R15,R16 ..... 470kΩ

Kondensatory

C1 ..... 2200µF
C2 ..... 220µF
C3,C4,C7 ..... 100nF
C5 ..... 1nF
C6 ..... 10µF
C8 ..... 10µF/400V
C9 ..... 10nF

Półprzewodniki

D1 ..... dioda 5A
D2,D3 ..... 1N4148
D4 ..... LED czerwona
D5-D8 ..... BA159
D7 ..... LED zielona
T1,T5 ..... BC548
T2 ..... BC558
T2-T4 ..... BC558C
T6,T7 ..... BUK455-60 lub IRF540N
US1 ..... SG3524 lub 2524

Pozostałe

ARK1-ARK3 ..... ARK2
BZ1 ..... bezpiecznik 3A
Gniazdo bezpiecznikowe do druku
Transformator:
ETD34 – uzw. pierwotne 2x10 zwojów DNE 1,25
AL2400 – uzw. wtórne 220 zwojów DNE 0,25
Karkas

Płytka drukowana dostępna jest w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-