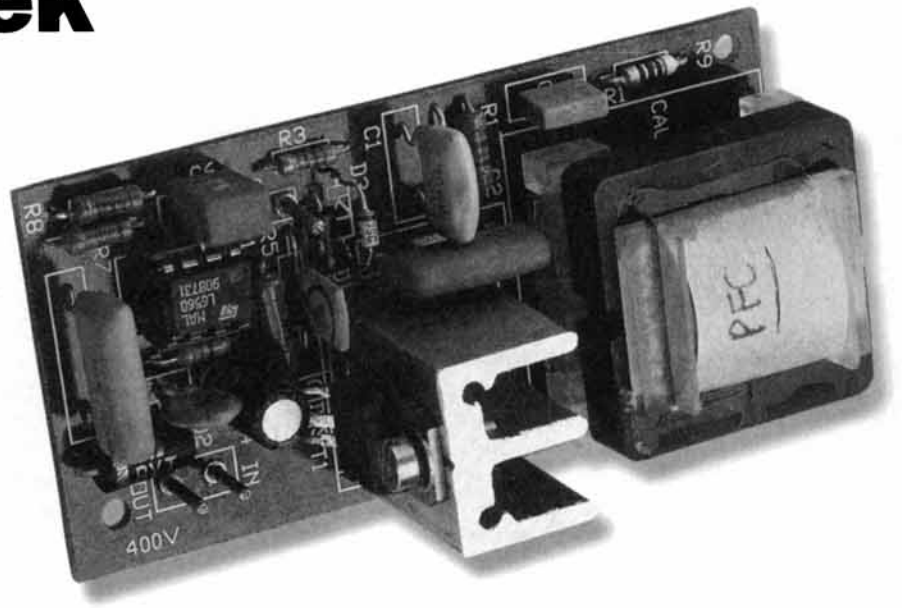


# Moduł korektora fazy do świetlówek

## kit AVT-476

*Korektory współczynnika mocy biernej, często nazywane również zasilaczami wstępnymi, nie są jeszcze elementami powszechnie stosowanymi w urządzeniach elektronicznych zasilanych z sieci. Powodów tego zjawiska jest kilka: korektor jest zawsze modułem dodatkowym i niekoniecznym, poprawiającym jedynie parametry urządzenia. Podraża je znacząco i dodatkowo komplikuje. Do niedawna nie było również na rynku specjalizowanych podzespołów do budowy tego typu układów.*



Sytuacja się jednak zmienia, ceny podzespołów maleją, w ofertach większych producentów półprzewodników są już specjalizowane układy scalone wybitnie ułatwiające budowę korektora. Nie bez znaczenia jest również ogólny trend ekologiczny forsujący konstrukcje zoptymalizowane m.in. pod kątem wartości pobieranej energii.

Dlatego proponujemy wykonanie modułu korektora współczynnika mocy biernej, przeznaczonego do współpracy z układem impulsowego sterownika świetlówki, zasilaczem impulsowym do transceivera FM lub innymi urządzeniami, zasilanymi wyprostowanym napięciem sieci (np. stroboskop).

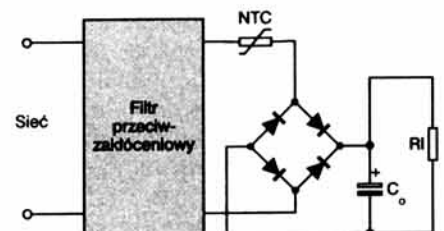
Przebiegi najważniejszych napięć i prądów w powszechnie stosowanym układzie prostownika z filtrem jak na rys. 1 są przedstawione na rys. 2.

Jak widać, napięcie na kondensatorze filtrującym nie jest stałe. W czasie, gdy chwilowe napięcie sieci jest mniejsze od napięcia na tym kondensatorze, diody w mostku nie przewodzą i prąd płynący przez obciążenie pochodzi wyłącznie z energii zgromadzonej w nim. W chwilę później lekko rozładowany kondensator zostaje doładowany. Ładowanie rozpoczyna się w chwili, gdy napięcie

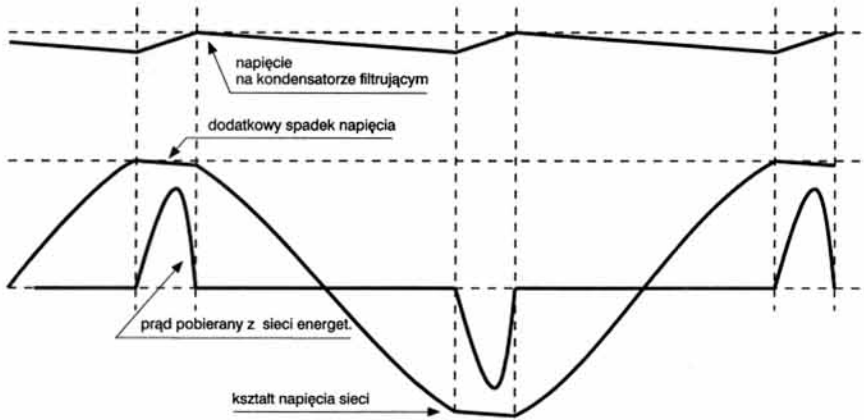
sieci przewyższy napięcie na kondensatorze, zaś prąd ładowania ograniczają jedynie niewielkie rezystancje istniejące w obwodzie - pobierany z sieci prąd ma więc charakter dużych impulsów.

Widoczne na rysunku nieznaczne spłaszczenie sinusoidy napięcia sieci bierze się właśnie z impulsowego charakteru poboru prądu - dają wtedy o sobie znać spadki napięcia np. na rezystancjach przewodów doprowadzających.

Istota korekcji współczynnika mocy sprowadza się do doprowadzenia do takiej sytuacji, aby układ pobierał prąd z sieci nie impulsowo, ale przez cały czas i żeby zmiany wartości prądu miały charakter sinusoidalny w fazie z napięciem. W opisywanym układzie jest to realizowane za pomocą konwertera DC-DC podwyższającego napięcie typu boost (rys. 3). Konwerter jest zasilany wy-



Rys. 1. Typowy zasilacz wstępny w układach zasilanych z sieci.



Rys. 2. Przebiegi napięć i prądów w układzie z rys. 1.

prostowanym i nie odfiltrowanym napięciem sieci. Zadaniem sterownika jest takie sterowanie kluczem T, aby pobierany prąd miał kształt sinusoidalny (realizuje to specjalny układ mnożący, modulujący prąd wejściowy). Częstotliwość kluczowania nie jest stała i przekracza zwykle 20kHz.

**Co daje korekcja?**

Po wbudowaniu modułu korektora do urządzenia, współczynnik mocy bierniej wzrośnie do wartości bardzo bliskiej jedności. Moc pobierana z sieci będzie miała praktycznie wyłącznie charakter - zamiast stromych impulsów prąd będzie miał kształt sinusoidalny i będzie w fazie z napięciem. Krótko mówiąc, zasilany układ zacznie impedancyjnie przypominać porządną rezystor. Do wad z pewnością można zaliczyć generowanie przez układ zakłóceń i oczywiście istotną jego komplikację.

**Co trzeba zmienić po podłączeniu korektora?**

Korektor został wykonany w wersji minimalnej, tzn. jako moduł współpracujący ze sterownikiem świetlówek lub zasilaczem impulsowym średniej mocy. Do poprawnej pracy wymaga podania na wejście wyprostowanego napięcia sieci, czyli dołączenia do wejścia mostka prostowniczego a na wyjściu filtrującego kondensatora elektrolytycznego. Wszystkie te elementy są w wyżej wymienionych układach i dlatego dołączenie korektora polega jedynie na wykonaniu kilku połączeń zgodnie z rys. 4.

Na wyjściu układu korektora otrzymujemy odfiltrowane i stabilizowane napięcie o wartości 380V. To trochę więcej niż wynosi maksymalna wartość wyprostowanego napięcia sieci (340V). Aby podłączyć korektor do układu sterowania świetlówką należy więc wymienić kondensator filtrujący w sterowniku świetlówek na egzemplarz o napięciu pracy 400V.

To niestety nie wszystko, gdyż przy większym napięciu zasilania proporcjonalnie większy będzie prąd płynący przez świetlówkę. Są co najmniej dwie możliwości korekcji tego zjawiska:

- można zwiększyć indukcyjność dławika w sterowniku świetlówek (o jedną trzecią dla świetlówek 40W, jedną czwartą dla 20W i mniejszej mocy);
- można zwiększyć częstotliwość pracy sterownika (w podobnych proporcjach).

Osobiście polecam korekcję indukcyjności dławika - nawet gdy w uruchomionym układzie został on sklejonny, zawsze można dowieść te 10-15 zwojów na wierzchu starego uzwojenia i połączyć przewody szeregowo.

Z uwagi na to, iż moc wyjściowa korektora jest rzędu 80 watów, jeden moduł może obsłużyć kilka świetlówek. Z kolei opisywane w EP zasilacze impulsowe średniej mocy (tzw. ekologiczny i do transceivera) zostały specjalnie zaprojektowane ze sporym zapasem i korektor można dołączyć bez żadnych zmian.

Możliwe jest zbudowanie korektora, który na wyjściu dawałby napięcie o wartości

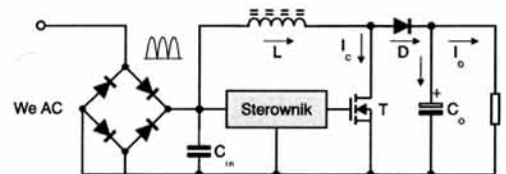
identycznej jak wyprostowane napięcie sieci, jednak dławik w takim korektorze byłby i bardziej skomplikowany (dodatkowe uzwojenie) i nieco większy. Dlatego opisywane rozwiązanie wydaje się być mimo wszystko łatwiejszym w realizacji.

**Opis układu**

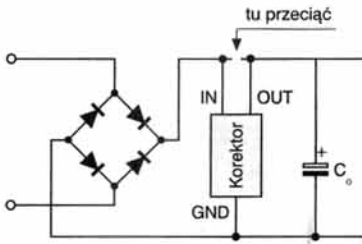
Schemat elektryczny korektora przedstawiono na rys. 5. Wyprostowane napięcie sieci poprzez rezystor R10 i R11 jest podawane na wyprowadzenie 8 układu U1 (zasilanie). Po włączeniu układu do sieci ładuje się kondensator C4; w momencie, gdy napięcie na nim osiągnie 15V jest uruchamiany klucz T1 i rozpoczyna się normalna praca. Przed uruchomieniem kontroler U1 pobiera jedynie 300µA prądu, dzięki czemu wartość rezystora startowego R10 i R11 może być dość duża, a straty mocy w tym elemencie są rzędu 0,25W. Po starcie zasilanie kontrolera zapewniają elementy D1, D3, R9 i C7 wraz z pomocniczym uzwojeniem dławika.

Na końcówkę 3 konieczne jest podanie napięcia proporcjonalnego do chwilowego napięcia sieci - zapewnia to dzielnik R1-R2 obniżający szczytową wartość napięcia pojawiającego się na końcówce 3 do około 2,5V. Jest to wejście zawartego w kontrolerze układu mnożącego, pełniącego tutaj rolę modulatora prądu wejściowego (napięciem modulującym jest właśnie część wyprostowanego napięcia sieci podawanego na końcówkę 3). Wyprowadzenie 7 jest wyjściem drivera sterującego zewnętrznym kluczem T1. Wydajność prądowa rzędu ±400mA pozwala na niekłopotliwe sterowanie większości popularnych MOSFET-ów o pojemności bramki rzędu 1nF.

Umieszczony w źródle klucza rezystor R5 dostarcza kontrolerowi informacji o wielkości prądu płynącego przez tranzystor. Ob-



Rys. 3. Uproszczony schemat korektora.



Rys. 4. Sposób włączenia korektora do układu.

wody kontrolera nie pozwalają na przepływ prądu większego niż zostało to ustalone poprzez dobór wartości R5 (napiecie progowe wynosi około 1,8V) - co zabezpiecza klucz przed uszkodzeniem. Elementy R6 i C5 tłumią zakłócające szpilkowe impulsy napięcia, jakie pojawiają w momencie włączenia klucza, tak aby nie destabilizowały one pracy wspomnianego powyżej obwodu zabezpieczenia.

Napięcie z wyjścia korektora, poprzez dzielnik R8/R7, jest podawane na pierwsze wyprowadzenie kontrolera - jest to wejście odwracające wzmacniacza napięcia błędu (stopień podziału dzielnika decyduje o napięciu wyjściowym układu korektora). Wyjście wzmacniacza jest dostępne na końcówce 2, co jest potrzebne do dokonania kompensacji częstotliwościowej układu (kondensator C6), zaś wejście nieodwracające jest połączone wewnątrz układu scalonego z napięciem odniesienia o wartości 2,5V. Wewnątrz struktury połączone również wyjście wzmacniacza napięcia błędu z drugim wejściem układu mnożącego. Do poprawnej pracy kontroler potrzebuje jeszcze sygnału informującego o zaniku prądu płynącego przez dławik. Jest to realizowane poprzez połączenie uzwojenia pomocniczego z końcówką 5 poprzez rezystor R3.

### Dławik do wykonania

Do wykonania dławika wykorzystano popularne kształtki ferrytowe E produkcji Polferu. Niewielka częstotliwość pracy układu pozwala na użycie tanich i ogólnie dostępnych kształtek z materiału F807 (3C8). Rdzeń musi mieć szczelinę powietrzną na kolumnie środkowej o całkowitej szerokości 0,85mm, co jest równoznaczne z wartością stałej  $Al=100$ . Jest to oczywiście wartość szacunkowa: z powodzeniem można użyć rdzeni z Al zawierającym się w przedziale 80..150 (lub o szczelinie 1,2..0,5mm) odpowiednio korygując liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego (zgodnie ze wzorem  $L[nH]=Al \cdot z^2$ ). Przy tych zmianach należy zachować stałą wartość indukcyjności uzwojenia pierwotnego, a liczbę zwojów uzwojenia wtórnego korygować tak, aby nie zmieniła się przekładnia.

Jeśli planujemy obciążenie układu mocą rzędu 80W, do wykonania dławika trzeba użyć kształtki E30/7, a w przypadku mocy mniejszych od 50W wystarczy rdzeń o jeden rozmiar mniejszy a więc E25/7. Szerokości szczeliny dla obu rdzeni są takie same. Mozaika ścieżek na płytce drukowanej umożliwia zastosowanie obu typów dławików.

Jako pierwsze nawija się uzwojenie główne (magnesujące). Nawijanie rozpoczyna się od końcówki 6 lub 7, a kończy na nóżce 10 (patrz rys. 6). Do nawijania należy użyć drutu emaliowanego o grubości 0,4..0,5mm. W zależności od grubości drutu i od wprawy nawijającego, jedna warstwa ma od 22 do 30 zwojów (w sumie 90), tak więc konieczne jest nawinięcie minimum trzech warstw. Każda warstwa powinna zostać starannie zaizolowana folią

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

(o mocy 0,125W o ile nie podano inaczej)

- R1: 1,8MΩ
- R2: 6,2kΩ
- R3: 68kΩ
- R4: 10Ω/0,25W
- R5: 0,5Ω 1W (nie drutowy)
- R6: 330Ω
- R7: 6,8kΩ (dobierany)
- R8: 1MΩ
- R9: 100Ω
- R10, R11: 120kΩ 0,5W

#### Kondensatory

- C1: 10nF/63V
- C2: 100nF/400V
- C3: 100nF/630V
- C4: 22μF/25V
- C5: 1nF
- C6: 1μF/63V (foliowy)
- C7: 4,7nF

#### Półprzewodniki

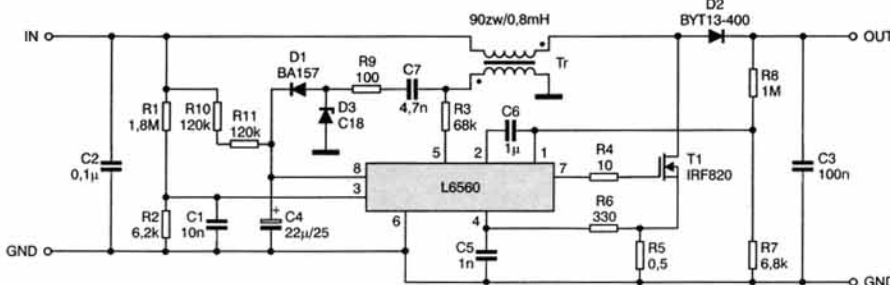
- D1: BA157
- D2: BYT13-400
- D3: BZY80C18 (Zener 18V)
- T1: IRF820 (również 830, 840), BUK454-500, IRF740, STP5NA50, MTP8N50
- U1: L6560

#### Różne

TR1: dławik na rdzeniu: dla mocy maksymalnej 80W - E30/7 F807 Polfer o stałej  $Al=100$  (całkowita szczelina 0,85 mm na kolumnie środkowej) wraz z karkasem typ 2010, dla mocy maksymalnej 50W - E25/7 F807 o stałej  $Al=100$  (całkowita szczelina 0,85mm na kolumnie środkowej) z karkasem typ 2020. Uzwojenia według opisu w tekście.

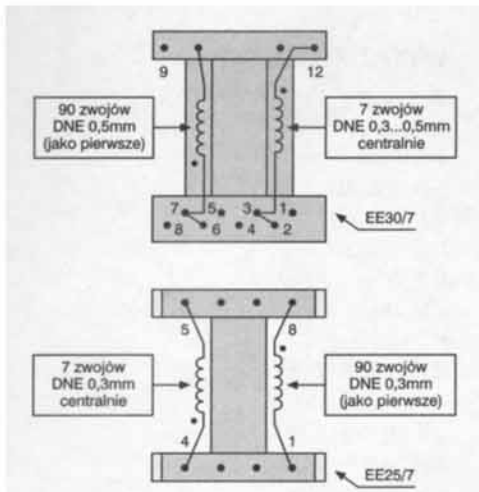
styroflexową lub innego typu taśmą odporną na podwyższoną temperaturę - niespełnienie tego warunku lub niechlujne (elegancko nazywane „masowym“) nawinięcie drutu może być powodem przebieć międzyzwojowych i wadliwej pracy układu.

Na koniec pozostaje jeszcze nawinąć 7 zwojów uzwojenia pomocniczego. Początek podłącza się do końcówki 12, koniec do 2 lub 3. Należy pamiętać o zachowaniu takiego samego kierunku nawijania, gdyż inaczej układ nie wystartuje. Średnica drutu ma tutaj mniejsze znaczenie i może się zawierać w przedziale 0,25..0,5mm. Uzwojenie nawija się centralnie



Rys. 5. Sposób podłączenia uzwojeń do wyprowadzeń karkasu E30 (góra) i E25 (dół).





Rys. 6. Rozmieszczenie końcówek uzwojeń transformatora.

tj. pośrodku karkasu. Gotowy dławik należy sprawdzić za pomocą omomierza, skontrolować wartość indukcyjności uzwojenia pierwotnego (800 $\mu$ H), a następnie skleić rdzeń żywicą epoksydową.

### Montaż i uruchomienie

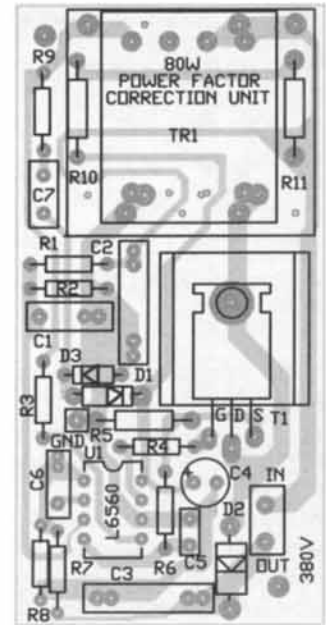
Korektor faz zmontowany został na płytce drukowanej o wymiarach 40 x 82mm. Widok mozaiki ścieżek płytki przedstawiono na wkładce. Rozmieszczenie elementów znajduje się na rys. 7.

Montaż elementów jest typowy i nie nastręcza trudności. Tranzystor T1 wymaga niewielkiego radiatora wykonanego z kawałka blachy lub gotowej kształtki.

Do uruchomienia konieczne jest podanie na wejście układu wyprostowanego napięcia sieci (ale nie odfiltrowanego) oraz podłączenia do wyjścia konden-

satora elektrolitycznego 47..150 $\mu$ F/400V. Jeśli nie dysponujemy takimi dodatkowymi elementami, to można skorzystać z już istniejących podzespołów w dławiku świetlówki, pamiętając o przecięciu ścieżki drukowanej pomiędzy plusem mostka prostowniczego a kondensatorem filtrującym (patrz też rys. 4). Nie należy również zapomnieć o włączeniu na czas uruchamiania szeregowo z siecią rezystora bezpiecznikowego o oporności 20..50 $\Omega$  i mocy 5W.

Prawidłową pracę układu najłatwiej zaobserwować przy obciążeniu korektora dwoma szeregowo połączonymi żarówkami 220V/40W. Z uwagi na prostotę układu elektrycznego korektora, jego uruchamianie etapami jest trudne, a zmontowany z dobrych elementów układ startuje od pierwszego włączenia. Dlatego zachowując wszelkie środki ostrożności - **układ przez cały czas jest galwanicznie połączony z siecią energetyczną i występują na nim napięcia niebezpieczne dla życia**, należy obciążony żarówkami korektor włączyć do sieci. Żarówki powinny zaświecić się (przy nie pracującym korektorze napięcie sieci przedostaje się na wyjście poprzez uzwojenie pierwotne dławika i diodę D2), po około sekundzie, gdy układ wystartuje, jasność świecenia powinna wyraźnie wzrosnąć. Jednocześnie napięcie na kondensatorze filtrującym powinno być zbliżone do 380V.



Rys. 7. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

Gdy układ „milczy“, należy sprawdzić obecność napięcia startowego na kondensatorze C4 (powyżej 12V), obecność impulsów sterujących tranzystorem T1, prawidłowość wykonania dławika (początki i końce). Korekcji wartości napięcia wyjściowego można dokonać dobierając wartość R7. Z uwagi na wysoki stopień podziału dzielnika R7/R8 niewielka zmiana wartości R7 powoduje duże zmiany napięcia wyjściowego, tak więc przy zmianach należy być ostrożnym.

**Robert Magdziak, AVT**