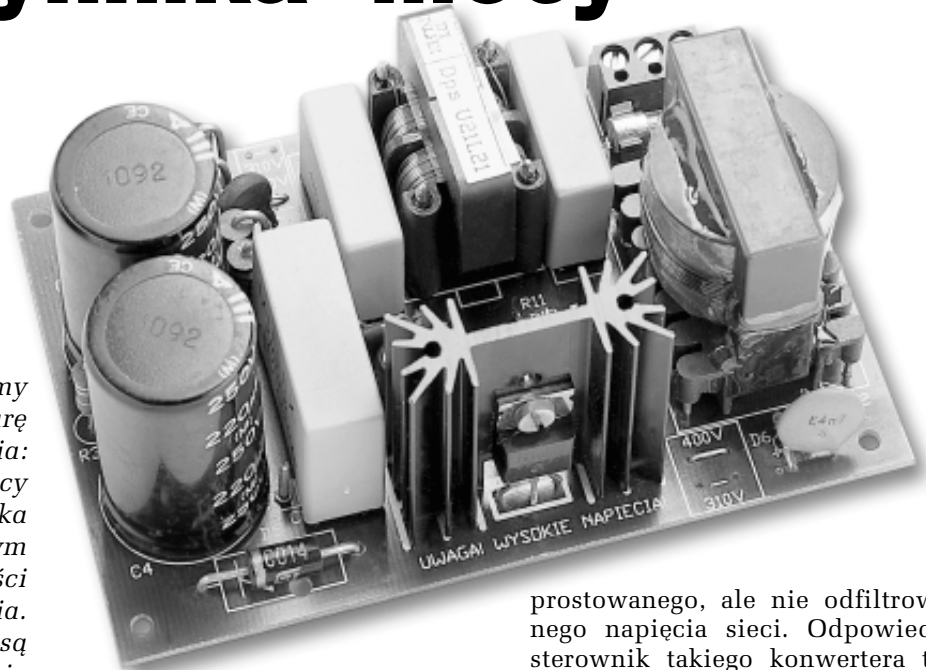


Uniwersalny korektor współczynnika mocy

AVT-865

W artykule prezentujemy urządzenie na miarę następnego tysiąclecia: korektor współczynnika mocy stanie się już za kilka miesięcy niezbędnym elementem większości systemów zasilania.

Nowe wymogi są konsekwencją dostosowywania krajowych przepisów do norm europejskich, w których szczególnie nacisk położono na kompatybilność elektromagnetyczną (EMC).



Korektor fazowy, to w rzeczywistości zasilacz wstępny tak skonstruowany, aby z obciążeniem o dowolnym charakterze impedancji, liniowym lub nieliniowym, „udawał” od strony sieci obciążenie o charakterze rezystancyjnym.

Typowo, realizacja korektora sprowadza się do wykonania dławikowej przetwornicy podwyższającej napięcie (ang. *boost converter*), zasilanej bezpośrednio z wy-

prostowanego, ale nie odfiltrowanego napięcia sieci. Odpowiedni sterownik takiego konwertera tak steruje jej pracą, aby pobierany z sieci prąd miał kształt sinusoidy i był w fazie z napięciem - i o to właśnie chodzi!

Jak dotąd, korektor współczynnika mocy nie jest zbyt często spotykany w praktyce, ale ta sytuacja już niedługo się zmieni. Głównie na skutek zmian przepisów w krajach Unii Europejskiej, nie pozwalających podłączać do sieci urządzeń z małym współczynnikiem mocy. O ile w przypadku urządzeń dużej mocy stosowne uregulowania były już od dawna, to obecnie tendencje są takie, aby wymóg posiadania odpowiednio dużego współczynnika wprowadzić dla urządzeń mniejszej mocy.

Mniejsze moce to oznacza także takie urządzenia jak: telewizory, komputery, żarówki energooszczędne, świetlówki ze sterownikiem elektronicznym itp. W urządzeniach tych używa się głównie zasilaczy impulsowych, pobierających z sieci prąd pulsacyjnie, czyli mocno nieliniowo - w szczytach impulsów wartości prądu jest duża. O ile jedna żarówka czy też pojedynczy komputerowy zasilacz nie czynią problemu, jednak jeśli będzie ich więcej, to może się okazać, że nie będzie możliwe ich jednoczesne włączenie do sieci

Współczynnik mocy

Współczynnika mocy PF nie należy mylić z cosinusem ϕ . Pojęcia cosinus ϕ używa się tylko w przypadku, gdy prąd pobierany przez odbiornik energii elektrycznej nie jest w fazie z napięciem sieci, jednak oba te sygnały są sinusoidalne. Pojęcie cosinus ϕ dotyczy więc np. silników elektrycznych, w których duża składowa indukcyjna impedancji wprowadza niekorzystne przesunięcie fazy.

Do samej korekcji przesunięcia fazy pomiędzy prądem i napięciem nie jest potrzebny omawiany korektor, z powodzeniem wystarczy specjalny kondensator kompensujący składową indukcyjną impedancji obciążenia, gdyż prąd, mimo iż przesunięty w fazie, jest nadal sinusoidalny.

Większość współczesnych urządzeń elektronicznych ma na wejściu prostownik dwupołówkowy Graetza, a dalej kondensator filtrujący. W takim układzie przebieg prądu pobieranego z sieci ma kształt wąskich impulsów o dużej wartości. Impulsy te mogą być w fazie z napięciem, jednak nie mają kształtu sinusoidalnego. Ponieważ pobierany z sieci prąd jest odkształcony, pojawiają się w nim przebiegi o częstotliwościach harmonicznych. Wtedy współczynnik mocy jest określany jako:

$$PF = P/S$$

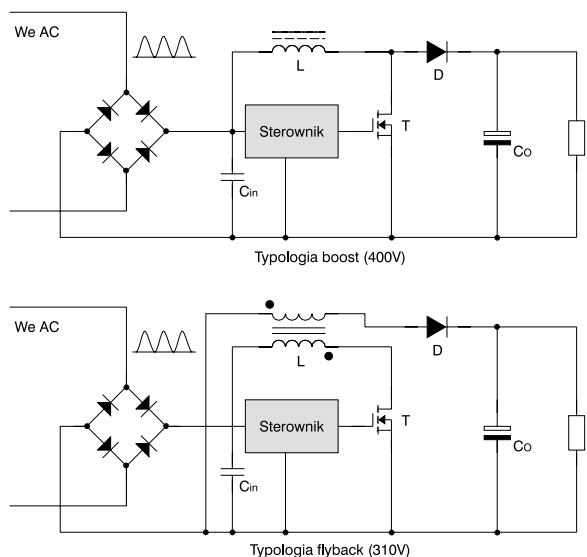
gdzie:

P - faktycznie pobierana moc z sieci;

S - całkowita moc dostarczana z sieci.

W typowych zasilaczach PF jest rzędu 0,6.

W przypadku pracy urządzenia z korekcją, PF wzrasta do 0,99 (drobne niekształcenia sinusoidy wprowadzają diody w mostku prostowniczym itp.).



Rys. 1. Przykładowa konfiguracja korektora.

(nie pozwolą na to bezpieczniki). Korektor rozwiązuje również wiele istotnych problemów związanych z niestabilnym zasilaniem i dlatego taki uniwersalny moduł zawsze warto mieć pod ręką.

Jak wspominałem, typowy układ korektora jest przetwornicą podwyższającą napięcie. W przypadku sieci 220V z tolerancją $\pm 15\%$ szczytowe napięcie na wejściu zasilacza wynosi maksymalnie ok. 350V. Napięcie wyjściowe musi być od tej wartości większe i we wszystkich aplikacjach korektorów wynosi ono typowo 400V. Ta spora wartość nie nastęrcza kłopotów, gdy korektor chcemy zastosować do układu nowo projektowanego, bo zawsze można go tak obliczyć, aby pracował przy napięciu 400V, zamiast typowo 310V (czyli $220V \cdot \sqrt{2}$). Co jednak zrobić, gdy chcemy zasilić urządzenie nieznanne, takie które projektowane było dla niższego napięcia? Wbrew pozorom problem nie jest abstrakcyjny, gdyż na przykład korektor może posłużyć jako stabilizator wahań napięcia sieci do zasilacza komputerowego, a jego wyjściowe napięcie, mimo że jest stałe i odfiltrowane, można podać bezpośrednio na wtyczkę sieciową.

Odpowiedź jest prosta: należy zbudować korektor uniwersalny, który w zależności od ustawień da 400V albo 310V na wyjściu, czyli będzie pracował w klasycznym układzie podwyższającym napięcie lub w układzie o dowolnym napięciu wyjściowym (tutaj *flyback* - rys. 1).

Budowę takiego korektora fazowego chciałbym dziś zaproponować Czytelnikom. W klasycznym układzie (*boost* - rys. 1) o napięciu wyjściowym 400V, moc wyjściowa korektora wynosi około 200W. W przypadku gdy napięcie wyjściowe jest mniejsze, np. 300V moc wyjściowa jest również mniejsza i wynosi około 120W.

Zasada działania

Schemat elektryczny korektora przedstawiono na rys. 2. Jak już wspominałem, układ korektora jest typową przetwornicą dławikową podwyższającą napięcie, ale sterowaną w sposób nietypowy. O ile typowym zadaniem układu sterującego pracą zasilacza jest utrzymanie napięcia wyjściowego na stałym poziomie, to tutaj celem nadrzędnym jest symulacja obciążenia rezystancyjnego.

Prąd wejściowy układu (ten, który ma być sinusoidalny) jest prądem płynącym przez dławik (rys. 3). Po włączeniu klucza T1 dławik zostaje dołączony bezpośrednio do napięcia sieci i prąd płynący przez niego zacznie narastać. Po wyłączeniu klucza, energia zgromadzona w dławiku, poprzez diodę D1 jest przekazywana do obciążenia, co skutkuje spadkiem prądu płynącego przez dławik. Cykle włączania i wyłączania klucza następują z dużą częstotliwością (kilkadziesiąt kiloherców) i sterując czasem włączenia klucza mamy możliwość regulowania wielkości impulsu prądu w dławiku. Gdy więc do modulowania amplitudy impulsów prądu w dławiku użyjemy sinusoidy sieciowej, osiągnięty zostanie cel - obwiednia szczytów będzie miała kształt sinusoidy i uśredniony prąd wejściowy będzie również miał kształt sinusoidy - a o to właśnie chodzi!

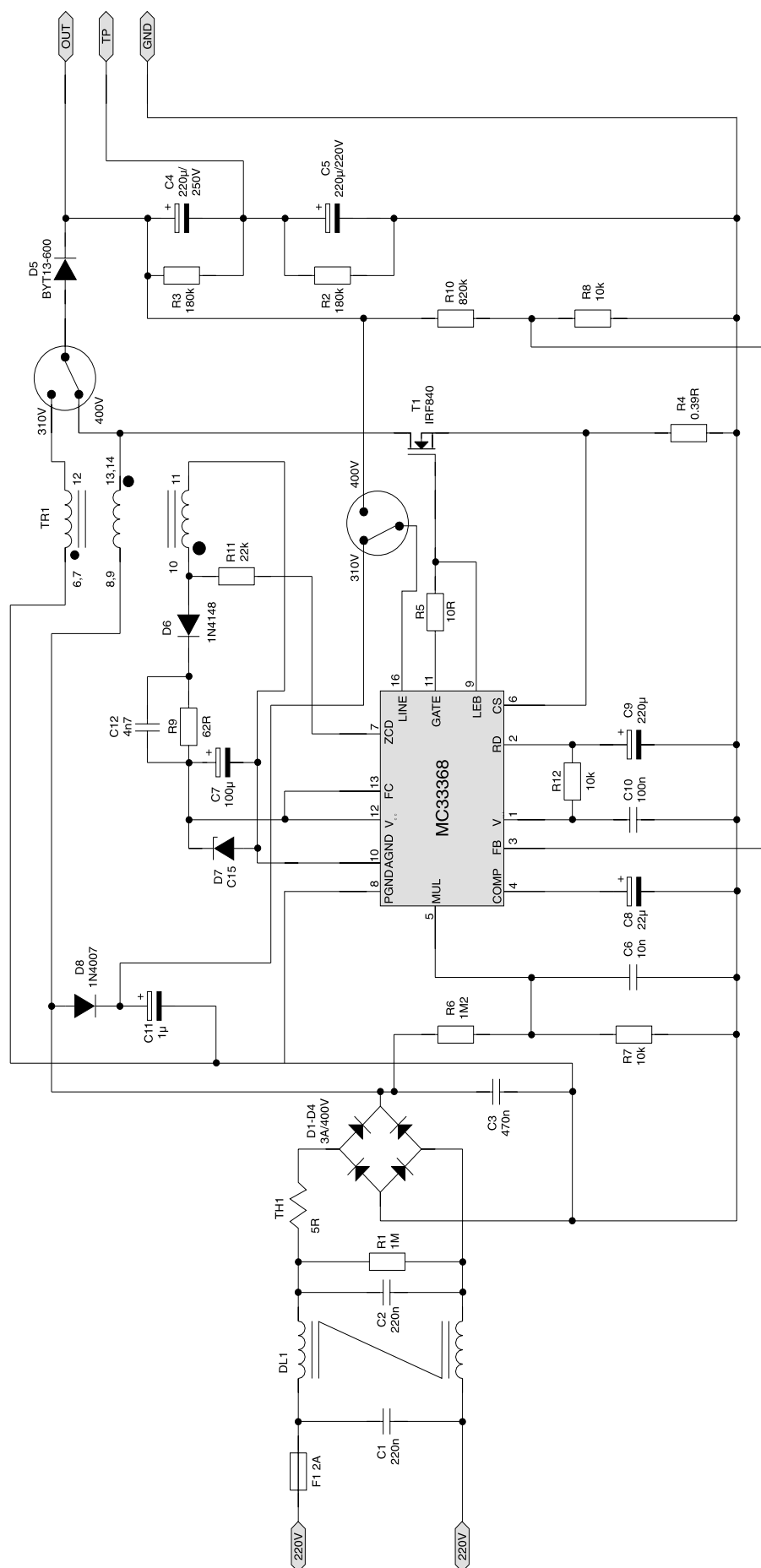
Koniecznym jest zapamiętać jeden ważny szczegół: skoro prąd wejściowy korektora składany jest z tysięcy krótkich impulsów prądu w dławiku, to po wyłączeniu klucza sterownik musi poczekać z nastę-

nym jego włączeniem do momentu aż prąd w dławiku spadnie do zera.

Drugim, nieco mniej ważnym, zadaniem sterownika jest stabilizacja napięcia wyjściowego. Nie chcę wdawać się w szczegóły, powiem jedynie, że możliwa jest tylko stabilizacja wartości średniej napięcia wyjściowego, a tętnienia na wyjściu są istotnie większe niż w klasycznym zasilaczu impulsowym (są tu tętnienia o częstotliwości wyprostowanej sieci, czyli 100Hz). Poglądowo stabilizacja napięcia wyjściowego polega na zwiększaniu lub zmniejszaniu amplitudy obwiedni sinusoidalnej, tak jak zaznaczono to strzałkami i liniami przerywanymi na rys. 3.

Ponieważ koniec dławika (ten od strony sieci) jest dołączony do napięcia zasilającego, jasne staje się to w tej konfiguracji, iż napięcie wyjściowe musi być wyższe od wejściowego. Aby uzyskać napięcia mniejsze, trzeba nawinąć dodatkowe uzwojenie dławika (rys. 4). Jego koniec dołączony jest do masy, a więc ograniczenie na wartość napięcia wyjściowego przestaje obowiązywać. Wytrenowane oko od razu rozpozna w nowej konfiguracji typowy układ przetwornicy zaporowej - w takim trybie korektor pracuje bez problemów, maleje jedynie maksymalna moc, jaką układ może oddać do obciążenia. O ile w trybie *boost* dławik gromadził jedynie część doprowadzanej do wyjścia energii, w trybie zaporowym cała energia dostarczana do wyjścia musi być przekazana przez dławik - stąd ten spadek.

Na wejściu korektora umieszczony został klasyczny filtr przeciwzakłócenia ze skompensovanym prądowo dławikiem DL1 i kondensatorami C1 i C2. Zadaniem rezystora R1 jest ochrona użytkownika przed porażeniem w przypadku dotknięcia wtyczki sieciowej po wyłączeniu układu z sieci. Wyprostowane napięcie zasilania obwody kontrolera. Wprawdzie za mostkiem prostowniczym znajduje się kondensator C3, jednak jego zadaniem nie jest bynajmniej filtracja wyprostowanego napięcia. Więcej - element ten nie powinien właśnie filtrować napięcia sieci, ponieważ przeczy to założeniom korekcji. Faktyczną rolę C3 jest zamknięcie do masy drogi przepływu prądu przez dławik, gdy klucz T1 jest rozarty.



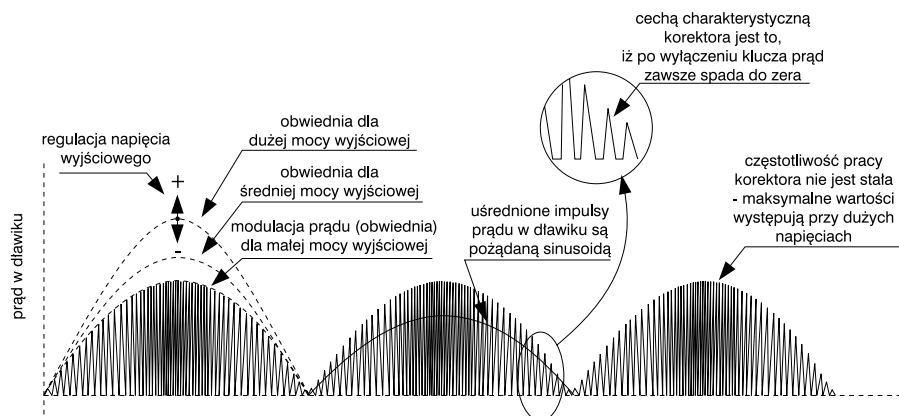
Rys. 2. Schemat elektryczny korektora współczynnika mocy.

Centralnym elementem korektora jest scalony sterownik Motoroli MC33368. Ten nowoczesny układ integruje w sobie prawie całość sterowania pracą układu, tak że wykonanie korektora sprowadza się do dołączenia do niego kilkunastu elementów pomocniczych.

Dzielnik R6 i R7 dostarcza kontrolerowi informacji o chwilowym napięciu sieci, zawarty w U1 układ mnożący (końcówka 5) potrzebuje tego sygnału do właściwego sterowania kluczem, tak aby wywołać wspomnianą już sinusoidalną obwiednię impulsów prądu w dławiku. Kondensator C6 eliminuje zakłócenia, jakie mogłyby się pojawić na końcówce 5. Na wyprowadzeniu 1 dostępne jest stabilne napięcie odniesienia 5V. Stała czasowa zależna od rezystora R12 oraz dołączonego do nóżki 2 kontrolera kondensatora C9 wyznacza wartość opóźnienia, po jakim nastąpi próba wznowienia pracy układu po wystąpieniu stanu alarmowego wstrzymującego pracę kontrolera.

Tranzystor kluczujący T1 jest sterowany z wewnętrznego drivera MC33368 (końcówka 11). Maksymalna wydajność prądowa tego stopnia sięga aż 1500mA, dzięki czemu możliwe jest bezproblemowe sterowanie większością popularnych MOSFET-ów z kanałem N o pojemności bramka-źródło nie większej niż 1,5nF. Włączony pomiędzy źródło a masę rezystor R4 dostarcza kontrolerowi informacji o wielkości prądu przepływającego przez klucz. Gdy spadek napięcia na R4 przekroczy 1,8V, kontroler bez względu na wielkość pozostałych sygnałów wyłączy klucz zapobiegając jego ewentualnemu uszkodzeniu. Z układem kontroli prądu (nóżka 6) współpracuje układ wycinania zakłóceń i oscylacji (ang. *lead edge blanking* - LEB), jakie pojawiają się w prądzie płynącym przez klucz tuż po jego włączeniu (wyprowadzenie 9). Brak tłumienia mógłby spowodować przypadkowe i niepotrzebne reakcje układu kontroli prądu.

Dzielnik R10/R8, włączony pomiędzy wyjście korektora a 3 końcówkę U1, dostarcza informacji o wielkości napięcia wyjściowego. Na wspomnianej końcówce 3 jest odwracające wejście zawartego w strukturze U1 wzmacniacza napięcia błędu; wejście nieodwraca-



Rys. 3. Zasada działania korektora współczynnika mocy.

jące zostało wewnątrz struktury połączone z potencjałem 2,5V. Na końcu 4 dostępne jest wyjście tego wzmacniacza. Dołączony do niego kondensator C8 zapewnia kompensację częstotliwościową pętli sprzężenia zwrotnego. Uwagę zwraca dość duża wartość pojemności - aż 22 mikrofarady, co ogranicza pasmo pętli do około 20Hz. Tak mała wartość jest konieczna, aby układ nie próbował nadażyć i stabilizować normalnych, stuhercowych wahań napięcia wyjściowego, a jedynie „skupił się” na wartości średniej napięcia wyjściowego. Kondensator obwodu kompensacji powinien być dobrej jakości, inaczej korektor może się podwzbudzać.

Wyprowadzenie 16 jest wejściem zawartego w U1 układu startowego. W momencie włączenia układu do sieci, zawarty pomiędzy końcówkami 16 (wejście układu startowego) a 12 (zasilanie MC33368) tranzystor P-MOS pozwala na przepływ prądu od końcówki 16 do 12 i ładowanie kondensatora C7. W chwili, gdy napięcie na C7 osiągnie 12V, układ sterujący wspomnianym tranzystorem MOS blokuje go i zezwala na pracę klucza - następuje próba uruchomienia korektora. Spadek napięcia na C7 poniżej 10V ponownie odblokowuje połączenie pomiędzy końcówkami 16 i 12. Wejście układu startowego zostało dołączone do punktu z odfiltrowanym napięciem - w przypadku wersji 400V jest to po prostu wyjście korektora, w przypadku wersji 310V filtrację zapewnia dodatkowy obwód D8-C11.

Energia, jaką gromadzi naładowany w momencie startu kondensator C7, wystarcza jedynie na

kilka przełączeń klucza; aby układ pracował ciągle, należy zapewnić stałe doładowywanie C7. Podczas normalnej pracy zasilanie kontrolera uzyskiwane jest z dodatkowego uzwojenia dławika (końcówki 10 i 11). Rezystor R9, wraz z diodą Zenera D7, zapobiega uszkodzeniu układu MC33368 przez zbyt duże napięcie zasilania (np. pojawiające się przy zwarciu wyjścia korektora). Ciekawostką jest, że w trybie zaporowym (310V) pojemność C7 musi być aż trzykrotnie większa od tej, która jest zupełnie wystarczająca w trybie 400V, aby układ w ogóle wystartował. Dlaczego? To proste, ale niech rozwiązanie problemu będzie rodzajem minikonkursu dla Czytelników - pierwsze pięć osób, które nadesłają rozwiązanie na mój e-mail, otrzyma pocztą kontroler U1, klucz T1, a także D5 i TH1.

Bardzo ważną rolę w układzie pełni dołączony do końcówki 7 rezystor R11. Jak już wspomniałem, proces budowania sinusoidalnej obwiedni prądu wejściowego wy-

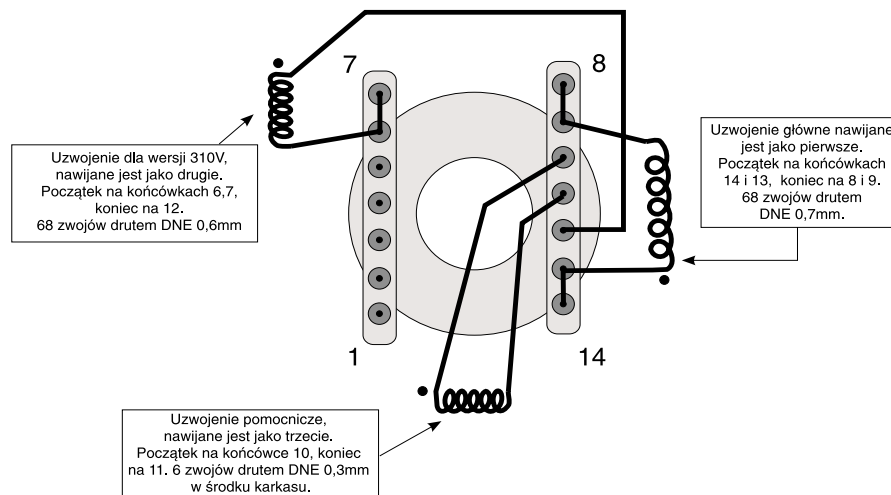
Tab. 1. Wartości elementów różnych dla poszczególnych wersji

Element	Wartość dla 400V	Wartość dla 310V
T1	IRF840, 10N50	BUZ80A, 4N80
R4	0,39Ω	0,5Ω
R10	820kΩ	620kΩ
D8	-	1N4007
C11	-	1μF/350V
D5	BYT13-600	BYT13-800
R2,R3	180 kΩ	120 kΩ
C7	100μF	330μF
TH1	NTC5Ω/2R2	zwora
C4,C5	220μF/250V	220μF/200V

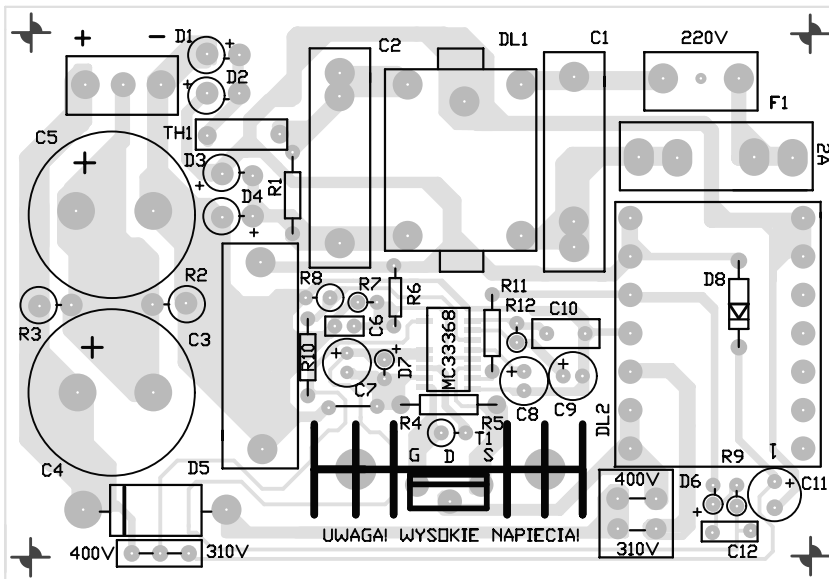
maga od kontrolera, aby po wyłączeniu klucza i przed następnym włączeniem układ sterujący zaczął na spadek prądu w dławiku do zera. Zanik prądu w dławiku jest równoznaczny z osiągnięciem na końcu 10 dodatkowego uzwojenia dławika potencjału bliskiego zera. Fakt ten wykrywa układ dołączony do końcówki 7 kontrolera.

Nawijamy dławik

Niewątpliwie dławik jest w układzie elementem, którego wykonaniu należy poświęcić dużo uwagi i pracy. Do jego wykonania potrzebny będzie rdzeń ferrytowy typu ETD34 z krajowego materiału F814 (odpowiednik 3C8 lub lepszy zagraniczny z materiału 3F3 - mniej się grzeje). Ponieważ nawijamy dławik, a nie transformator, rdzeń musi mieć szczelinę powietrzną o szerokości 1mm, co jest równoznaczne z wartością stałej Al około 150nH/zwój² i efektywnej przenikalności μ^e około 100.



Rys. 4. Proponowany sposób wykonania dławika.



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

Jako pierwsze w kolejności nawijają się uzwojenie główne dławika (rys. 4). Zaczynamy od końcówki 13 karkasu i nawijamy 68 zwojów drutu 0,7mm. Zwoje należy układać ciasno obok siebie, gdyż tym razem do nawinięcia jest sporo drutu i niesolidność objawi się na koniec brakiem miejsca do nawijania. Wspomniane 68 zwojów powinno udać się nawinąć w trzech warstwach. Każdą warstwę trzeba starannie zaizolować folią poliesterową (pojedyncza warstwa), a na końcu uzwojeń nałożyć koszulkę izolującą. Koniec uzwojenia podłączamy do końcówki 9 karkasu. Gotowe uzwojenie izolujemy podwójną warstwą folii.

Drugie w kolejności nawijane jest uzwojenie dodatkowe do napięcia 310V. Uzwojenie należy nawijać w tym samym kierunku jak pierwsze, w przeciwnym razie ciężko będzie wybrnąć z bałaganu początków i końców. Zaczynamy od końcówki 6 karkasu i nawijamy 68 zwojów drutem o średnicy 0,6mm. Tu również zwoje należy rozłożyć w trzech warstwach. Nawijanie kończymy na końcówce 12. Uwagi co do izolacji są identyczne jak poprzednio.

Na zakończenie pozostaje nawinąć uzwojenie pomocnicze. Liczy ono tylko 6 zwojów drutem o średnicy 0,2..0,3mm. Początek na końcówce 10, koniec na 11. Gdy nie planujemy użytkowania korektora w trybie 310V, nie trzeba oczywiście nawijać uzwojenia dodatkowego (6-12). Można wtedy

do nawinięcia uzwojenia głównego użyć grubszego drutu (np. 1mm zamiast 0,7mm).

Po nawinięciu uzwojeń należy włożyć do karkasu obie połówki rdzenia, ścisnąć je prowizorycznie np. gumką recepturką, i zbadać indukcyjność uzwojenia głównego (około 0,7mH) oraz sprawdzić prawidłowość początków i końców uzwojeń. Pomyłka może doprowadzić do natychmiastowego uszkodzenia układu po włączeniu do sieci, tak więc należy być przeczornym. Do sprawdzenia najłatwiej użyć miernika indukcyjności (nawet w postaci przystawki do miernika uniwersalnego) - dokonujemy pomiaru indukcyjności uzwojenia głównego, potem dołączamy szeregowo uzwojenie 310V, a na końcu pomocnicze. Za każdym razem indukcyjność wypadkowa wskazywana przez miernik musi rosnąć. Gdy zamiast rosnać zmaleje, oznacza to zamianę początku z końcem.

Połówki rdzenia należy skleić z karkasem klejem epoksydowym. Z uwagi na nieodwracalność tej operacji, polecam jej wykonanie dopiero po uruchomieniu korektora.

Montaż i pierwszy start

W zależności od wersji napięciowej jaką chcemy wykonać, należy posługując się tabelą 1 dobrać odpowiednie elementy. Szczególnie istotne jest zwrócenie uwagi na tranzystor kluczujący i diodę D5. O ile w przypadku topologii boost wystarczające jest napięcie $U_{DS}=450V$ w przypadku tranzystora i także samo napięcie

zaporowe diody D5, to w przypadku trybu zaporowego oba elementy muszą wytrzymać minimum 800V. Lista różnic jest dość długa, dlatego trzeba się pilnować!

Montaż i uruchomienie

Przy „uzbrajaniu“ płytki drukowanej (rys. 5) stosujemy się do sprawdzonych reguł. Sam montaż nie sprawia kłopotów, jedynym wyjątkiem może okazać się przyłutowanie U1. Ponieważ jest to

WYKAZ ELEMENTÓW

Elementy oznaczone gwiazdką mają wartości zależne od wersji napięciowej; patrz tabela 1.

Rezystory

Wszystkie rezystory o mocy 0,125W o ile nie podano inaczej

- R1: 1M Ω
- R2, R3: 180k Ω /0,5W*
- R4: 0,39 Ω /0,5W*
- R5: 10 Ω /0,5W
- R6: 1,2M Ω
- R7, R12: 10k Ω
- R8: 10k Ω (2%)
- R9: 62 Ω /0,25W
- R10: 820k Ω * (2%)
- R11: 22k Ω

Kondensatory:

- C1, C2: 220nF/250V_{AC} typ KMP10
- C3: 470nF/400V typ KMP10
- C4, C5: 220 μ F/250V*
- C6: 10nF
- C7: 100 μ F/25V*
- C8: 22 μ F/25V
- C9: 220 μ F/10V
- C10: 100nF
- C11: 1 μ F/350V*
- C12: 4,7nF

Półprzewodniki

- D1...D4: 1N5406 lub podobna 3A/400V
- D5: BYT13-600*
- D6: 1N4148
- D7: BZX55C15 (Zener 15V, 0,5W)
- D8: 1N4007
- T1: IRF840* (lub zamiennik)
- U1: MC33368 (Motorola) obudowa SO8 (SMD)

Różne

- TH1: termistor NTC 5 Ω /2W lub rezystor 2,2 Ω /5W*
- DL1: dławik gotowy przeciwzakłóceniu DpsU21L21/3 (Polfer)
- F1: bezpiecznik zwłoczny 2A
- Tr1: transformator impulsowy na rdzeniu ETD34 (Polfer) z materiału F807 (3C8). Całkowita szczelina powietrzna: 1mm, uzwojenia według opisu w tekście.
- złącza Ark: 2 potrójne 5mm, radiator dla T1

chip w wersji SMD, montujemy go od strony ścieżek.

MC33368 zawiera w sobie praktycznie wszystkie elementy korektora, przez co etapowe uruchamianie obwodu jest nieco kłopotliwe, warto jednak wykonać kilka elementarnych testów. Po pierwsze, do zacisków wejściowych dołączamy zasilacz warsztatowy o napięciu 15..20V, nie powinniśmy zaobserwować żadnej reakcji układu, pobór prądu powinien być rzędu pojedynczych miliamperów. Napięcie na C3 powinno być nieco mniejsze od napięcia zasilacza warsztatowego, jeśli układ zbudowany został w wersji 400V. To samo dotyczy napięcia na wyjściu korektora. Warto też sprawdzić napięcie na C7 (7..9V).

W drugim kroku do wyjścia korektora dołączamy dwie szeregowo połączone żarówki 220V/100W i włączamy układ do sieci. Gdy korektor jest w wersji 400V, to przez pierwszą sekundę żarówki będą świecić dosyć słabo (sterownik jeszcze wtedy nie pracuje, napięcie wyprostowane sieci przenosi się na wyjście poprzez dławik i diodę D5), a później jasność świecenia powinna się wyraźnie zwiększyć (bo zacznie pracować klucz T1). Jednocześnie napięcie na wyjściu układu powinno wzrosnąć z około 300V do 400V.

W przypadku wersji 310V przez pierwszą sekundę na wyjściu nie ma żadnego napięcia, żarówki więc nie świecą, później od razu napięcie osiąga poziom nominalny.

Po udanym starcie układu pozostaje jedynie sprawdzić, i ewentualnie skorygować, wartość napięcia wyjściowego (poprzez do-

bór stopnia podziału dzielnika R10/R8) i sprawdzenie napięcia na C7 (12..15V).

Gdy korektor nie wystartuje, należy sprawdzić napięcia na C7, prawidłowość podłączenia początków i końców uzwojeń w dławiku itp. Najczęściej przyczyną braku startu jest niesprawność obwodu zasilania, a więc: C7, D6, D7 i R9, co objawia się charakterystycznym próbowaniem, czyli cyklicznymi próbami uruchomienia („pukanie“ w dławiku, drgania jasności świecenia żarówek, falowanie napięcia na C7). Poprawność pracy tych elementów można próbować sprawdzić poprzez dołączenie zasilacza warsztatowego ustawionego na napięcia 12..15V (poprzez rezystor 100Ω), równoległe do C7 oczywiście po uprzednim włączeniu korektora do sieci. Test jest prosty i skuteczny, należy jednak zachować maksymalne środki ostrożności, gdyż korektor jest galwanicznie połączony z siecią energetyczną.

Praca korektora powinna być bezgłośna. Dobiegające z dławika szумы są sygnałem złej kompensacji częstotliwościowej pętli sprzężenia zwrotnego i dobrym powodem, aby zmienić na lepszy (np. nowy i tantalowy) kondensator C8. Dobrej jakości (niska wartość ESR) powinny być także wyjściowe elektrolity C4 i C5. Przypadkowe, stare kondensatory źle wpływają na stabilność układu.

Robert Magdziak
trebor@mi.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP06/2000 w katalogu PCB.