

Przetwornica do lamp ksenonowych

Na pewno każdy zwrócił uwagę na białoniebieskie światła w niektórych samochodach. Na polskich drogach z biegiem czasu pojawia się ich coraz więcej. To nic innego jak lampy z palnikiem HID – ksenonowym. Ich największe zalety to: wysoka sprawność, wyższa temperatura barwy, lepsze oddawanie barw i większa trwałość w porównaniu z tradycyjnymi żarówkami. Wadą lamp ksenonowych w porównaniu do tradycyjnych żarówek jest skomplikowany układ zapłonowy stabilizujący moc palnika.

Jeszcze do niedawna samodzielna budowa przetwornicy wydawała mi się bardzo trudna do zrealizowania. Jednak po przestudiowaniu kilkunastu stron WWW, w tym kilku not aplikacyjnych, wybór był jeden: UCC2305 – układ scalony kontrolera przetwornicy HID – produkcji Texas Instruments.

Palnik ksenonowy

To nic innego jak lampa wyładowcza HID (High Intensity Discharge), w której pomiędzy elektrodami świeci strumień plazmy. Jej bańka wypełniona jest głównie ksenonem, na ściankach znajdują się też inne substancje, które po zapłonie odparowują. Właśnie z tego powodu czas osiągnięcia pełnej jasności wynosi kilka minut. Jest to proces rozgrzewania się palnika, w czasie którego wewnątrz niego następuje bardzo duży wzrost ciśnienia – do ok. 30 MPa. Z racji tak dużego nadciśnienia należy zachować szczególną ostrożność. Wszelkie próby można przeprowadzać po umieszczeniu palnika w obudowie np. reflektora. W przeciwnym wypadku jego rozerwanie w czasie pracy

Dane transformatora TR1

- rdzeń: EFD 25/13/9 – ręcznie zrobiona szczelina ok. 1 mm do uzyskania $L=120$ nH;
- karkas: EFD25-K-10P
- uzwojenie pierwotne: bifilarne 7 zwojów, $2 \times DNE$ 0,7 mm;
- uzwojenie wtórne: 48 zwojów, $1 \times DNE$ 0,35 mm



spowoduje rozprysnięcie się szklanej bańki o temperaturze kilkuset stopni.

Prezentowana przetwornica jest przystosowana do lamp ksenonowych o mocy 35 W, dlatego niebezpieczeństwo nie jest aż tak duże, jak w przypadku palników o mocy kilku kW (np. lampy w projektorach kinowych).

Układ zapłonowy

Do zapoczątkowania wyładowania w lampie potrzebne jest napięcie rzędu kilku kV. Napięcie to musi być wyższe w przypadku ponownego zapłonu rozgrzanego już palnika. Zapłon gorącej lampy wymaga napięcia rzędu 25 kV. Aby dostarczyć takie napięcie, niezbędny jest układ zapłonowy. W jego skład wchodzi transformator wysokonapięciowy, iskrownik i kondensator (rys. 1). Przed zapłonem lampy napięcie na kondensatorze rośnie w wyniku ładowania przez przetwornicę do wartości, przy której następuje przebiecie iskrownika. Zamyka to obwód kondensator-transformator i na jego wtórnym, wysokonapięciowym uzwojeniu powstaje impuls kilku kilowoltów. Po zapłonie napięcie na palniku spada do ok. 20 V. Prąd w tym czasie powinien być ograniczany do bezpiecznej wartości, ale jest to już zadanie przetwornicy.

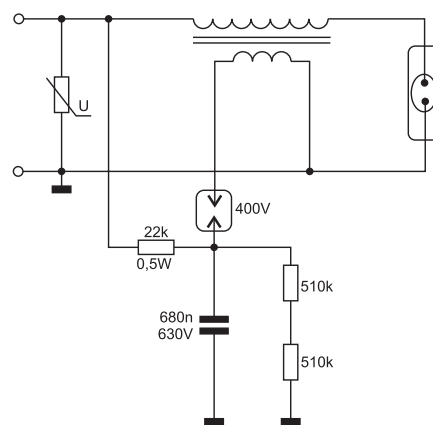
Przetwornica

Jej budowa byłaby dużo bardziej skomplikowana, gdyby nie zaprojektowany do tego zadania układ scalony UCC2305 firmy Texas Instruments. Podstawowych zadań ma kilka: sterowanie PWM tranzystora kluczującego przetwornicę, umożliwienie za-

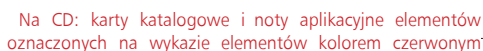
płonu lampy i stabilizację jej mocy w czasie rozgrzewania i pracy. Dodatkowe jej funkcje to: detekcja uszkodzenia palnika, sterowanie tranzystorami w mostku H, w celu wytworzenia napięcia przemiennego na wyjściu i zabezpieczenie przetwornicy przed zbyt wysokim napięciem zasilającym.

Schemat przetwornicy nie wygląda na zbyt skomplikowany. Jest to częściowo aplikacja producenta, jednak dobranie elementów mocy, zaprojektowanie transformatora, rozkład elementów na płytce wymagają doświadczenia w projektowaniu i uruchamianiu układów impulsowych.

Napięcie zasilające jest doprowadzone do układu przetwornicy typu *flyback*. Po stronie pierwotnej w jej skład wchodzi: bateria kondensatorów typu Low ESR C4, C5, C6, transformator impulsowy TR1, tranzystor kluczujący T1 i rezystory pomiarowe R17... R21.



Rys. 1. Schemat układu zapłonowego



R1: 4,7 Ω 1206
 R2: 180 Ω
 R3: 330 Ω /3 W
 R4: 470 k Ω 1206
 R5, R6: 330 k Ω 1206
 R7, R8: 1 k Ω 1206
 R9, R10: 1 k Ω 0805
 R11, R12: 100 k Ω 1206
 R13, R14: 100 k Ω 0805
 R15: 5,1 k Ω 0805
 R16: 16,1 k Ω 0805
 R17...R21: 0,1 Ω 1206
 R22, R33: 27 k Ω 0805
 R23...R25: 2,2 Ω 1206
 R26: 10 k Ω 0805
 R27, R28: 3,3 k Ω 0805
 R29: 270 k Ω 0805
 R30: 12 k Ω 0805
 R31: 220 k Ω 0805
 R32: 180 Ω /0,5 W
 R33...R37: 10 Ω 0805

C1: 100 nF
C2, C3, C25: 100 nF 0805
C4...C6: 100 μ F/35 V
C7: 220 nF 1206
C8: 1 nF 1206
C9,C10: 1 nF 0805
C11: 180 pF/1 kV
C12, C13: 220 nF/630 V
C14: 47 nF/630 V
C15, C16: 4.7 μ F/250 V
C17: 10 nF 0805
C18...C20: 1 μ F 1206
C21, C27: 47 μ F
C22: 47 nF 0805
C23: 56 nF 0805
C24: 150 pF 0805
C26: 10 μ F/16 V
C28, C29: 10 μ F/25 V

U1: UCC2305 SO28
U2, U3: IR2104 SO8
T1: IRF3710 TO220
T2...T5: IRF840 DPACK
D1: MUR860 TO220
D2: LED RED 1206
D3, D4: 1N4148 1206
D5: Dioda Zenera 6,8 V 1206
D6, D7: SN4007

J1: DC_IN 1x2 goldpin
J2: HV_OUT 1x2 goldpin
J3, J6: HBRIDGE 1x2 goldpin
J4: HV_IN 1x2 goldpin
J5: LAMP 1x2 goldpin
L1, L2: dławik 10 μ H
TR1: Trafo*



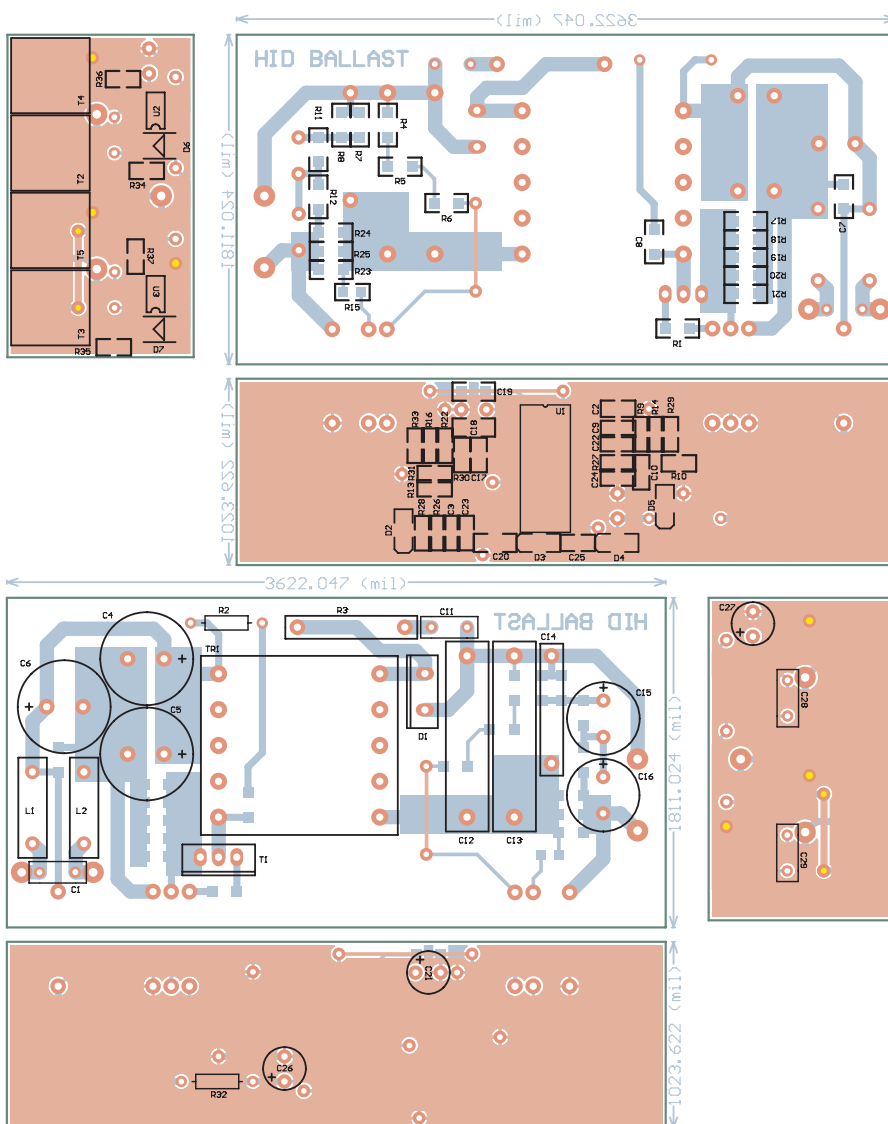
Cykl pracy przetwornicy *flyback* rozpoczyna się od zamknięcia klucza T1 i wymuszenia przepływu prądu przez uzwojenie pierwotne TR1 z połączonych równolegle kondensatorów. Wartość prądu w impulsie dochodzi do ponad 10 A, stąd ich liczba i odpowiednie parametry. Następuje wtedy zmagazynowanie energii w postaci pola elektromagnetycznego w rdzeniu transformatora. W następnym cyklu tranzystor przestaje przewodzić, a energia zgromadzona w rdzeniu jest zamieniana na prąd ładujący – poprzez diodę D1, kondensatory wyjściowe C12, C13 i C14. Odbyna się to z częstotliwością ok. 120 kHz. Dodatkowe elementy, niezbędne do prawidłowej pracy przetwornicy, to dwa obwody RC (R2–C8 i R3–C11) tłumiące przebiegi powstające przy przełączaniu T1.

Prąd w uzwojeniu pierwotnym jest mierzony dzięki wspomnianym rezystorom R17...R21. Przekroczenie wartości ok. 10 A w czasie normalnej pracy i 20 A w czasie startu powoduje natychmiastowe zablokowanie pracy przetwornicy. Chroni to skutecznie elementy mocy przed przypadkowymi zwarciami na wyjściu.

Stabilizacja napięcia wyjściowego jest realizowana za pośrednictwem sprzężenia zwrotnego w postaci dzielnika napięcia R4m R5, R6, R26. Drugie sprzężenie zwrotne służy do stabilizacji prądu lampy i odbywa się poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorach R23, R24, R25.

Po włączeniu napięcia zasilającego zaczyna pracę przetwornica *flyback*. Napięcie wyjściowe jest stabilizowane na poziomie ok. 570 V. Jeżeli jest podłączony palnik ksenonowy, to już przy napięciu wyjściowym ok. 350 V (zależnie od użytego iskiernika w układzie zapłonowym) nastąpi próba zapłonu lampy. W zależności od wielu czynników może zdarzyć się, że łuk elektryczny zostanie przerwany i przetwornica ponowi próbę zapłonu.

Zapłon i podtrzymanie wyładowania w palniku ksenonowym to podstawowa rola układu sterującego U1 – UCC2305. Spadek napięcia na wyjściu przetwornicy do wartości ok. 10...20 V oznacza wczesną fazę zapłonu palnika, co jest wykrywane przez U1. W tym momencie ograniczenie prądu lampy do wartości ok. 2 A jest bardzo ważne dla żywotności elektrod palnika. W miarę wzrostu napięcia na lampie do wartości ok. 85 V, prąd zaczyna maleć i po kilku minutach stabilizuje się na poziomie ok. 0,4 A.



Rys. 3. Schemat montażowy

Jedną z wielu cech układu UCC2305, o której warto wspomnieć, jest symulowanie rozgrzewania się palnika, co umożliwia dobieranie odpowiednich wartości prądu. Więcej na ten temat znajduje się w nocie katalogowej.

Lampy ksenonowe można zasilać prądem stałym. Ma to pewne wady, jak np. szybsze zużywanie się jednej z elektrod oraz nierównomierny rozkład barwy

w widmie palnika.

Nie wszystkie palniki prądu zmiennego znoszą pracę DC. Specjalnie do tego przystosowane są odpowiednio droższe. W przemyśle motoryzacyjnym stosuje się lampy na prąd zmienny i właśnie do takiej została zaprojektowana omawiana przetwornica. Oznacza to pewną komplikację układu. Na wyjściu niezbędny jest mostek H, który dostarczy prądu przemiennego

o częstotliwości 400 Hz. Sterowanie kluczami T2...T5 odbywa się za pośrednictwem przesuwników napięć U2, U3 z wyjść układu UCC2305 w chwilę po zapłonie lampy. Na czas zapłonu praca mostka H jest blokowana i na wyjściu jest napięcie stałe umożliwiające pracę układu zapłonowego.

Zakończenie

Budowa przetwornicy dla tak wymagających źródeł światła, jakimi są HID, nie jest zadaniem prostym. Podstawy techniki impulsowej i budowy przetwornicy *flyback* to minimum. Należy mieć także na uwadze względy bezpieczeństwa, gdyż wysokie napięcie i ciśnienie panujące wewnątrz palnika mogą być niebezpieczne.

Trzeba również pamiętać, że układy montowane w samochodach muszą być atestowane. Autor artykułu, ani redakcja „Elektroniki Praktycznej”, nie ponoszą odpowiedzialności za skutki zastosowania opisywanego urządzenia.

Piotr Andryszczak
androot@interia.pl

