

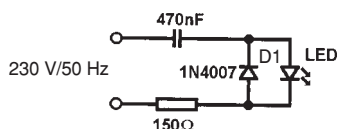
PRZYŁĄCZENIE LED BEZPOŚREDNIO DO SIECI ENERGETYCZNEJ 230 V/50 Hz

Przyłączając LED do napięcia przemiennego 230 V/50 Hz jedynie przez połączony szeregowo z nią rezystor (jak to ma miejsce w niskonapięciowych układach zasilanych napięciem stałym) napotyka się na dwa zasadnicze problemy: moc wydzielana na rezystorze i przebieg wsteczny LED.

1. Problem mocy wydzielanej na rezystorze polega na tym, że jeżeli przez diodę ma przepływać średni prąd (RMS) $10 \div 5$ mA, to prąd ten popłynie również przez rezystor, wydzielając na nim moc $230 \text{ V} \cdot 15 \text{ mA} \approx 3,5 \text{ W}$. Projektując układ z szeregowym rezystorem należałoby więc liczyć się z konsekwencjami takiego rozwiązania: wzrost ceny urządzenia (na każdą LED w układzie należy użyć jeden, co najmniej 10-watowy rezystor), niepotrzebnym wzrostem poboru mocy z sieci oświetleniowej (LED pobierająca około 30 mW mocy wymaga wydzielania na rezystorze mocy stukrotnie większej) i koniecznością odprowadzenia tych 3,3 W mocy na każdą LED z wnętrza przyrządu.

2. Problem przebiegu wstecznego LED polega na tym, że dioda świeci tylko wtedy, gdy prąd przepływa przez nią w kierunku przewodzenia, w kierunku wstecznym zaś LED mają dość niskie napięcie przebicia, przeciętnie rzędu kilku woltów. Dlatego w czasie trwania półfali napięcia sieciowego polaryzującej diodę w kierunku zaporowym dioda ulega typowemu wstecznemu przebiegowi. Dzięki obecności w układzie rezystora dioda nie przepala się natychmiast, tylko stopniowo (prąd wsteczny przebitej diody nie może wzrosnąć do takiej wartości, która spowodowałaby jej natychmiastowe zniszczenie). Objawia się to stopniowym spadkiem jasności diody aż do zupełnego uszkodzenia (brak świecenia).

Analizując powyższe zagadnienia nasuwa się na myśl prosty sposób przyłączenia LED do sieci oświetleniowej. Układ taki przedstawiony został na rysunku.



Schemat przyłączenia diody LED do sieci energetycznej

Dioda prostownicza D1 zabezpiecza LED przed przebiegiem wstecznym. Dzieje się tak dlatego, że po wystąpieniu na LED w kierunku zaporowym napięcia ok. 0,7 V dioda prostownicza zaczyna przewodzić, nie pozwalając na dalszy wzrost napięcia na LED w kierunku zaporowym.

Należy tu zauważyć, że zastosowana w układzie dioda prostownicza nie musi wcale mieć wysokiego napięcia przebicia (dla diody 1N4007 napięcie to wynosi 1 kV), ponieważ LED będzie zabezpieczać przed przebiegiem diodę prostowniczą. Wydawać by się mogło, że nie ma tu również zdecydowanych przeciwwskazań co do stosowania w przedstawionym układzie zamiast diody prostowniczej drugiej diody LED. Stosując takie rozwiązanie należy jednak być ostrożnym, albowiem szpilkowe impulsy napięcia pojawiające się w sieciach energetycznych mogą powodować krótkotrwałe impulsy dużego prądu. Są one zazwyczaj nieszkodliwe dla diody spolaryzowanej w kierunku przewodzenia (podczerwone diody LED w pilotach zdalnego sterowania sprzętu RTV wystawiane są krótkimi impulsami prądu rzędu nawet kilku amperów – kto nie wierzy, może łatwo zobaczyć jak jasno świecą LED w pilotach obserwując je przy pomocy kamery wideo), jednak spadek napięcia na LED przewodzącej duży prąd może przekroczyć napięcie przebicia diody spolaryzowanej wstecznie.

Impedancja kondensatora o pojemności 470 nF dla częstotliwości 50 Hz wynosi:

$$Z_c = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{2\pi \cdot 50 \cdot 470 \cdot 10^{-9}} = -j6,8 \text{ k}\Omega$$

a więc moduł impedancji $|Z| = 6,8 \text{ k}\Omega$. Stąd średni prąd płynący przez kondensator wyniesie $230 \text{ V} / 6,8 \text{ k}\Omega = 33,82 \text{ mA}$. Należy jednak zwrócić uwagę, że LED świeci tylko w połowie okresu przemiennego napięcia sieci, a więc efektywny prąd diody będzie o połowę mniejszy i wyniesie ok. 16 mA. Wartość ta mieści się poniżej maksymalnego prądu przewodzenia typowych LED (ok. 20÷40 mA).

W przypadku stosowania układu dla diod o mniejszym dopuszczalnym prądzie przewodzenia (np. diody Hewlett-Packard HLMP17xx) należy odpowiednio zmniejszyć pojemność kondensatora, zdecydowanie sensowniejsze jednak wydaje się po prostu zastosowanie w przedstawionym układzie innych LED, jako że mają one pełnić rolę wyłącznika sygnalizacyjną.

Poprzez zastosowanie kondensatora zamiast rezystora ominięty został również problem niepotrzebnego rozpraszania mocy w układzie. Wynika to stąd, że napięcie i prąd w kondensatorze opisane są równaniem:

$$i = C \cdot \frac{du}{dt}$$

Stąd dla napięcia sinusoidalnego o pulsacji ω $u = U_o \sin(\omega t)$, otrzymamy kosinusoidalnie zmienny prąd

o tej samej pulsacji ω (i oczywiście amplitudzie wzrastającej wraz ze wzrostem ω , co jak się za chwilę okaże jest w naszych rozważaniach nieistotne):

$$i = \omega C U_o \cos(\omega t) = I_o \cos(\omega t)$$

Widać więc, że napięcie i prąd są przesunięte względem siebie w fazie o 90 stopni. Kondensator nie może więc rozpraszać mocy, pomimo, że występuje na nim napięcie i płynie przez niego prąd. Łatwo to sprawdzić obliczając moc wydzielaną na kondensatorze w czasie trwania jednego okresu napięcia (wszystkie okresy są takie same, więc wystarczy znaleźć moc dla jednego okresu):

Wynik ten po odrobinie zastanowienia przesta-

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = \frac{\omega C}{T} U_o^2 \int_0^T \sin(\omega t) \cos(\omega t) dt = 0$$

je być zaskakujący – podczas części okresu sinusoidalnie zmiennego napięcia i kosinusoidalnie zmiennego prądu iloczyn $u \cdot i$ jest dodatni, a podczas pozostałych ujemny – można to zobaczyć analizując wykresy tych dwóch funkcji. Oznacza to, że kiedy iloczyn ten jest dodatni – kondensator energię pobiera, ale oddaje ją wtedy, gdy iloczyn $u \cdot i$ jest ujemny.

Należy pamiętać o tym, że amplituda napięcia sieciowego wynosi w przybliżeniu 324,3 V, dlatego użyty w układzie kondensator musi mieć odpowiednio wysokie napięcie przebicia (ok. 400 V). Z oczywistych względów (zasilanie układu napięciem przemiennym) nie może być to kondensator elektrolityczny.

Rezystor 150 Ω zapobiega uszkodzeniu diody LED w wyniku zmniejszania się reakcji kondensatora dla wspomnianych wcześniej szpilek, skoków i zakłóceń obecnych w sieci oświetleniowej. Rezystancję tego rezystora dobrano wg charakterystyki zastosowanej diody, tzn. 1N4007 oraz standardowej LED o $U_{zmax} = 5 \text{ V}$. Bardzo istotne jest to w przypadku montowania przedstawionego układu w tyrystorowych regulatorach mocy, w szczególności wykorzystywanych do regulacji obrotów silników (np. wiertarki, obrabiarki itp.) lub regulacji mocy urządzeń stanowiących obciążenie indukcyjne. W takich przypadkach skoki i szpilki w napięciu sieci są typowym skutkiem ubocznym pracy takich urządzeń. Dla przedstawionej aplikacji na rezystorze tym wydzielana jest moc:

$P = I^2 R = (33,8 \text{ mA})^2 150 \Omega \approx 171,37 \text{ mW}$
Rezystor ten powinien więc charakteryzować się dopuszczalną mocą strat co najmniej 0,5 W.

Adam Piekarz
atko@hoth.amu.edu.pl