

Projektowanie kompaktowych lamp LED

Rosnąca skuteczność świetlna diod LED sprawia, że są one stosowane w coraz większej liczbie różnorodnych aplikacji oświetleniowych. Jednakże powszechne przyjęcie jakiegokolwiek nowej technologii jest zależne od dostępności dobrych rozwiązań projektowych, dzięki którym stosowanie LED-ów byłoby odpowiednio łatwe, a urządzenia wykonane z ich użyciem – miały akceptowalną cenę.

Źródła światła zbudowane z użyciem diod LED pobierają znacznie mniejszą moc, niż typowe żarówki, przy zachowaniu tego samego natężenia strumienia świetlnego. Dzięki temu zyskują coraz większą aprobatę zarówno wśród użytkowników instytucjonalnych, jak i w wśród osób prywatnych, instalujących je we własnych domach. Pozwalają bowiem na zmniejszenie wysokości rachunków za energię elektryczną. Dodatkowo, wybór technologii zużywającej mniej energii jest postrzegany jako czynnik ograniczający emisję gazów cieplarnianych węgla do atmosfery.

W praktyce, szeroka adopcja oświetlenia LED- faktycznie będzie miała duży wpływ na ilość zużywanej energii elektrycznej. Według szacunków amerykańskiego Departamentu Energii, dzięki tej technologii zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych w Ameryce spadnie o około 29% do 2025 roku, co pozwoli na zaoszczędzenie około 125 mln dolarów. Tymczasem w Unii Europejskiej kluczowe mogą okazać się przepisy, które nakazują praktycznie całkowite wycofanie ze sprzedaży tradycyjnych żarówek do 2012 roku. Urzędnicy zaczynają też dostrzegać wady świetlówek kompaktowych, które względnie długo się nagrzewają i zawierają szkodliwe substancje utrudniające bezpieczne pozbywanie się tych źródeł światła po zużyciu się. Zaletą LED-ów jest też bardzo długi czas życia, dzięki czemu ograniczają koszty związane z utrzymywaniem



systemów oświetleniowych oraz niewielka ilość szkodliwych odpadów, łatwych do utylizacji.

Z powyższych względów, coraz większą popularnością cieszą się wielodiodowe lampy wykonane w standardowych obudowach, takich jak np. MR16. Pozwalają one błyskawicznie zastąpić dotychczasowe żarówki i skorzystać z zalet nowej technologii. Ponadto, liczne odcienie bieli, kąty świecenia, a nawet różne barwy emitowanego światła diod LED pozwalają na tworzenie ciekawych aranżacji świetlnych, których nie da się zrobić z użyciem żarówek.

Kompatybilność wsteczna

Kluczem do sukcesu lamp LED-owych wydaje się jednak kompatybilność wsteczna, tj. możliwość instalacji nowych lamp w miejsce dotychczas stosowanych żarówek lub świetlówek. Dlatego opracowanie konstrukcji pozwalającej na wykonywanie kompletnej lampy LED w obudowie o wielkości żarówki, przystosowanej do pracy w warunkach, na jakie narażone są powszechnie używane *źródła światła*, było znaczącym osiągnięciem. Ale to nie wszystko, co jest potrzebne do uzyskania pełnej kompatybilności wstecznej: nowe lampy LED-owe muszą działać poprawnie również w obecnych instalacjach, tj. np. w takich, w których zastosowano ściemniacze zbudowane w oparciu o triaki. Dla wielu osób, możliwość korzystania z tego typu rozwiązania już sama w sobie prowadzi do oszczędności energii. Dlatego, gdyby użycie lamp LED-owych wykluczało stosowanie lub wymuszało wymianę *ściemniaczy* na nowe, sens instalacji LED-ów byłby wątpliwy.

Ściemniacze i LED-y

Konwencjonalne ściemniacze są przystosowane do pracy z obciążeniem rezystancyjnym wnoszonym przez żarówki i lampy halogenowe. Efekt przyciemnienia jest uzyskiwany

Artykuł został opracowany z użyciem materiałów udostępnionych przez Farnell. Więcej informacji o nowych produktach jest dostępne na stronie internetowej Farnell www.farnell.com/pl oraz na portalu społecznościowym dla projektantów elektroniki www.element14.com.



poprzez opóźnianie momentu rozpoczęcia przepływu prądu, co pozwala na zmniejszenie mocy średniej pobieranej przez obciążenie. W ściemniaczu działającym w taki sposób jest konieczne zastosowanie filtra LC, który zmniejsza zakłócenia elektromagnetyczne powstające w wyniku nagłych skoków napięcia i prądu w momencie włączania się triaka. Rezystancyjny charakter obciążenia wnoszony przez żarówkę stanowi część obwodu regulacji i pozwala utrzymać natężenie prądu na pożądanym poziomie. Niestety, taki sposób ściemniania nie nadaje się do stosowania z typowymi układami zasilania diod LED.

Nagle skoki napięcia oraz ograniczenie średniego napięcia w trakcie całego okresu może powodować migotanie lamp. Dlatego na rynku pojawiły się specjalne układy przystosowane do zasilania diod LED, kompatybilne z omówionymi systemami przyciemniania światła. Jednym z takich układów jest LM3445 opracowany przez firmę National Semiconductor, obecnie należąca



do Texas Instruments. Ma on wbudowane obwody wykrywania fazy prądu i dekodowania momentu włączania się triaka ściemniacza. Pozwala to na „konwersję” przebiegu napięcia zasilającego dostarczanego przez ściemniacz na stały prąd o wartości odpowiadającej pożądanemu jasności lampy LED. Dodatkowo, LM3445 zawiera obwód (uzupełniany przez zewnętrzny

rezystor), przez który cały czas płynie pewien prąd symulujący obciążenie rezystancyjne i zapewniający prawidłową pracę triaka. Za utrzymanie wysokiego współczynnika mocy odpowiada pasywny układ PFC. Minimalizuje on zniekształcenia harmoniczne wprowadzane do sieci elektrycznej dzięki niemal ciągłemu poborowi prądu. Umożliwia to zasilaczom LED zbudowanym z użyciem LM3445 spełnienie wymagań normy IEC 61000-3-2. Omawiany układ scalony pozwala na nawet 100-krotne ściemnianie diod LED, dzięki czemu uzyskuje się dużą liniowość przyciemniania.

Podobnym układem do omawianego jest układ firmy NXP typu SSL210x, który również pozwala przyciemniać lampy diodowe, poprawia współczynnik mocy i redukuje zaburzenia wprowadzane do sieci.

Odprowadzanie ciepła

Pojawienie się specjalnych układów do zasilania LED-ów, przystosowanych do pracy z obwodami ściemniającymi pokazuje, że producenci i dostawcy komponentów elektronicznych starają się ułatwić pracę konstruktorom systemów oświetleniowych. Ci natomiast są zazwyczaj znacznie lepiej obeznani z instalacjami elektrycznymi niż z urządzeniami elektronicznymi i jeśli chcą zajmować się LED-owymi źródłami światła, to muszą też zdobyć nieco wiedzy z tej drugiej dziedziny. Dotyczy to przede wszystkim odprowadzania ciepła, które jest kluczowe dla poprawnego, długotrwałego działania lamp diodowych.

Pomimo że klasyczne żarówki mają małą skuteczność świetlną i generują bardzo duże ilości ciepła, jego odprowadzanie nigdy nie było krytyczne dla ich poprawnego działania czy żywotności. W wypadku LED-ów zwiększona temperatura pracy bezpośrednio prowadzi do zmniejszenia ilości emitowanego światła oraz do ograniczenia czasu ich życia. Jest to typowe zjawisko dla komponentów półprzewodnikowych. W praktyce – im niższa temperatura pracy diod, tym dłużej będzie świeciła i lepiej działała zbudowana z nich lampa.

Mimo tego, zarządzanie ciepłem wcale nie musi prowadzić bezpośrednio do minimalizacji temperatury pracy lampy. Wiele zależy



od tego, jaką długość życia chce uzyskać jej producent. Tę natomiast da się oszacować na podstawie charakterystyk diod LED. Wykresy te prezentują naturalny, stopniowy spadek strumienia świetlnego diody w czasie, w zależności od temperatury pracy. Porównując szereg charakterystyk oraz uwzględniając specyficzne czynniki wynikające z wybranego sposobu połączenia diod LED w lampie, projektant może obliczyć optymalną temperaturę pracy, dla której czas życia definiowany liczbą godzin, po którym jasność lampy spadnie do zadanego poziomu, będzie zgodny z oczekiwaniami. Dzięki temu, projektant nie musi starać się, aby bardzo skutecznie odprowadzać całe powstające ciepło, co mogłoby skutkować nadmiernymi kosztami produkcji lampy. Co więcej, może zaprojektować kilka wariantów lampy, różniących się wydajnością układu chłodzenia, a w konsekwencji i żywotnością.

Metody odprowadzania ciepła

Biorąc pod uwagę częsty sposób, w który są budowane diody LED, skuteczność odprowadzania z nich ciepła zależy tylko od projektanta lampy. Wynika to z faktu, że struktury LED są obecnie najczęściej umieszczane na dużych, metalowych lub ceramicznych płytkach, które pozwalają dobrze odprowadzać ciepło ze złącza, rozpraszając je w większej objętości. Jednakże ciepło to trzeba również sprawnie odprowadzać z obudowy diody, poprzez odpowiedni montaż na płytce drukowanej. W tym celu warto stosować płytki z izolowanymi warstwami metalu (*Insulated Metal Substrate* –

IMS), które mają znacznie większą pojemność cieplną, niż laminaty i pozwalają na skuteczne odprowadzanie ciepła z przylutowanych obudów diod LED. Często zastosowanie tego rozwiązania jest wystarczające, ale zdarzają się sytuacje, gdy jest konieczne użycie dodatkowych radiatorów. W takim wypadku warto sięgnąć po specjalne radiatory przystosowane do odprowadzania ciepła wewnątrz obudów o małej objętości. Produkty tego typu mają w swojej ofercie firmy, takie jak: Aavid Thermalloy, Fischer Elektronik i Wakefield. Wśród nich znaleźć można m.in. okrągłe radiatory blaszkowe przystosowane do użycia z konkretnymi rodzajami LED-ów oraz trójwymiarowe kształtki zaprojektowane tak, aby pasowały do obudów żarówek typu MR16 lub PAR.

Podsumowanie

Opisane powyżej porady nie obejmują wszystkich trudności, z jakimi musi się zmierzyć projektant lamp LED-owych. Oprócz kompatybilności ze ściemniaczami i odpowiedniego odprowadzania ciepła, twórca systemu oświetleniowego musi zwrócić uwagę jeszcze na takie zjawiska, jak: całkowite uszkodzenia diod LED, które powodują nagłe zmniejszenie jasności kompletnej lampy oraz na problem doboru diod i dostępności LED-ów w poszczególnych BIN-ach i subBIN-ach. Niemniej jednak, omówiona w artykule problematyka pozwala rozpocząć pracę nad własnymi LED-owymi zamiennikami tradycyjnych żarówek i świetlówek kompaktowych.

Marcin Karbowiczek, EP

