



Zabezpieczenia diod LED

Dioda emitująca światło (LED) wydaje się być niestrużonym pracownikiem, a jej krzemowa konstrukcja obiecywać długi czas niezawodnej pracy. Wraz z szybko wzrastającą dostępnością wysoce jasnych struktur LED-owych, komponenty te stają się głównym elementem systemów oświetleniowych. I o ile stosowanie LED-ów wiąże się z obietnicą znacznie dłuższej żywotności niż w przypadku technologii żarowej czy świetlówek, użytkownicy nierzadko zawodzą się przedwczesnymi awariami lamp, które nabywają. Informacje na temat niezawodności poszczególnych produktów szybko pojawiają się w Internecie oraz są przekazywane słownie, w związku z czym użytkownicy zaczynają się nieźle orientować, która z marek jest godna zaufania, a której renoma została nadszarpnięta. Dlatego warto zwrócić uwagę na niezawodność budowanych LED-ów, by uniknąć ryzyka pogorszenia reputacji i w konsekwencji spadku sprzedaży względem konkurencji, która byłaby postrzegana jako dostawcy lepszej jakości produktów.

Dlaczego diody LED się psują?

Pomimo opinii wysoce niezawodnych, z racji bazowania na technologii półprzewodnikowej, diody LED mogą być delikatne, a główną przyczyną przedwczesnego uszkodzenia LED-ów są krótkotrwałe impulsy napięciowe, które mogą pochodzić z wielu źródeł. Jako że LED-y są często stosowane w środowisku o niskim napięciu, np. w roli sygnalizacyjnej, a więc rzadko podlegają wysokim prądom, projektanci mają tendencję do niedoszacowania ryzyka związanego z użyciem LED-ów w trudniejszym środowisku, jak np. w ramach instalacji oświetlenia zewnętrznego.

Choć mają reputację niezawodnych, diody LED znane są z tego, że psują się zarówno mechanicznie, jak i termicznie. Przykładowo, dioda LED użytkowana przez długi czas z pełną mocą będzie produkować tak dużo ciepła, że przez ten okres powstanie uszkodzenie połączeń pomiędzy strukturą a jej obudową. Postępujące utlenianie

się metalowego połączenia z uwagi na dużą ilość ciepła, skutkuje zwiększeniem kruchości drucików, które mogą przez to przerwać się, szczególnie jeśli dany komponent jest narażony na wibracje. Innymi przyczynami uszkodzeń diod LED mogą być takie same zjawiska, jak w przypadku reszty podzespołów półprzewodnikowych, tj. wyładowania elektrostatyczne (ESD) lub nagłe chwilowe wysokie prądy, indukowane przez pobliskie wyładowania elektrostatyczne.

Kolejnym problemem, jaki pojawia się podczas użytkowania systemów oświetleniowych opartych o LEDy jest fakt, że czasem cała taśma LED może przestać działać w wyniku uszkodzenia pojedynczej diody LED. Wynika to z faktu, że zazwyczaj LED-y łączy się ze sobą szeregowo i steruje ze źródła o stałym prądzie, tak by móc uzyskać pożądaną jasność, kolor i intensywność, adekwatne do potrzeb danej aplikacji. Ta szeregowo architektura jest preferowana, gdyż pozwala utrzymywać bardziej stabilną pracę oraz równomierną jasność na całym pasku LED. Przerwanie obwodu w jednej z diod LED takiej taśmy, choćby spowodowane uszkodzeniem któregoś z połączeń pomiędzy strukturą półprzewodnikową, a jej obudową, spowoduje że awaria obejmie cały pasek LED-owy. W aplikacjach takich jak np. oświetlenie uliczne, lub światła umieszczane w pasach startowych na lotniskach, strata całego łańcucha diod może spowodować zbytnie przyciemnienie światła, lub całkowite jego wyłączenie, a to prowadzi do zagrożeń bezpieczeństwa.

Natomiast wyświetlacze LED-owe, zbudowane w technologii LED nie są już tak krytyczne z punktu widzenia bezpieczeństwa, jednak pojawienie się czarnych obszarów spowodowanych uszkodzeniami całych łańcuchów diod może prowadzić do skarg klientów i potencjalnego zmniejszenia przychodów, nie wspominając już o rosnących kosztach koniecznej, częstszej konserwacji paneli tego typu. Oczywiście usterki mają też znaczenie w aplikacjach domowych. Marki, które są znane z dużej podatności na awarie będą się cieszyły gorszą opinią wśród klientów.

Uwzględnianie w projekcie zabezpieczeń przed awariami

Uszkodzenia można zredukować, jeśli nawet nie całkowicie je wyeliminować, a to za pomocą odpowiednio zaprojektowanych obwodów. W wielu projektach stosuje się jakiegoś rodzaju zabezpieczenia przed ESD i skokami prądów, ale najczęściej koncentrują się one na samych

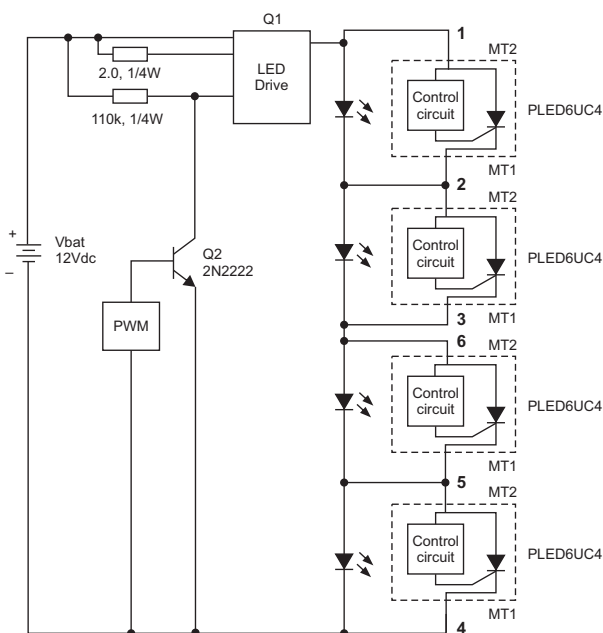
liniach zasilania. Naturalnie zabezpieczenie po stronie wejściowej zasilacza AC jest kluczowe dla ochrony urządzenia, ale we wszelkich systemach oświetlenia LED-owego istnieją trzy obszary, które wymagają obwodów zabezpieczających. Oprócz strony pierwotnej przetwornicy AC/DC, należy zabezpieczyć też stronę wtórną oraz same diody LED i projektanci powinni w trakcie swoich prac wziąć pod uwagę wszystkie rodzaje zabezpieczeń, jakie potrzebne są w tych trzech częściach obwodów.

Ochrona samych diod LED

Problem, w którym pojedyncze uszkodzenie diody LED powoduje wygaszenie całego łańcucha struktur może zostać rozwiązany w bardzo prosty sposób: poprzez zastosowanie zabezpieczenia przed pojawieniem się rozwarcia na diodzie, równoległe do każdej z diod w łańcuchu (**rysunek 1**). Przykładem elementu, który może posłużyć do spełnienia tej roli jest elektroniczny bocznik. Będzie on działał jako obwód umożliwiający przepływ prądu wokół uszkodzonego podzespołu, a więc dostarczał moc do pozostałych LED-ów w łańcuchu. Boczniki tego typu to komponenty o dwóch wyprowadzeniach, które automatycznie resetują się, jeśli uszkodzenie zostanie wyeliminowane – czy to samoczynnie, czy też poprzez prace serwisowe.

Dobrym przykładem takiego zabezpieczenia może być wyzwalany napięciem przełącznik, którego prąd upływu ma wielkość rzędu mikroamperów. W momencie, gdy dioda LED ulegnie uszkodzeniu i spowoduje rozwarcie, w obwodzie pojawi się na tyle wysoka różnica potencjałów, że spowoduje włączenie zabezpieczenia. Zaletą tego typu podzespołów ochronnych jest naturalna odporność na nagłe skoki napięć – jeśli takowe się pojawiają, np. w wyniku pobliskiego uderzenia błyskawicy, czy innych wyładowań ESD, zwiększone prądy zostaną poprowadzone równoległe do LED-ów, zamiast przez wrażliwe struktury. Przykładowe boczniki elektroniczne tego typu można znaleźć wśród rodziny układów PLED. Co więcej, zabezpieczają one diody LED również przed przypadkowym odwróceniem polaryzacji zasilania.

Komponenty PLED można dobrać w całkiem łatwy sposób. Wystarczy wziąć pod uwagę napięcie przewodzenia, prąd przewodzenia oraz sposób połączenia ze sobą łańcuchów LED. Na tej podstawie dobieramy rozmiar PLED i stopień ochrony. Prąd przełączenia układu PLED musi być mniejszy niż prąd dostarczany przez stale pracujące źródło, a napięcie wyzwalające PLED musi być mniejsze niż maksymalne napięcie, jakie powstanie na zasilaczu LED-ów, w momencie rozwarcia jego wyjść.



Rysunek 1. Typowy system oświetlenia LED-owego, ze wskazaniem miejsc, w których należy zastosować obwody zabezpieczające diody LED

Następnym krokiem jest określenie liczby diod LED, jakie będą chronione za pomocą pojedynczego komponentu PLED. Tu ryzyko leży po stronie projektanta, który może zdecydować, że w razie uszkodzenia jednej diody, zgaśnie tylko ona, albo zgasną dwie lub trzy struktury należące do tej samej grupy. Typowo, układ PLED6, który wyzwalany jest napięciem 6 V zabezpiecza jedną diodę LED, a układ PLED9 jest wyzwalany napięciem 9 V i można go zastosować do dwóch szeregowo połączonych diod. Natomiast układ PLED13 może być użyty do zabezpieczenia trzech diod LED połączonych w ramach grupy.

Inne komponenty, które mogłyby być potencjalnie użyte do zabezpieczenia przed rozwarciem obwodu na strukturach LED-owych mają różne wady. Przykładowo prostowniki sterowane elektronicznie (SCR – *Silicon Controlled Rectifiers*) i diody Zenera mogłyby pełnić rolę takiego zabezpieczenia. Diody Zenera skutecznie chronią przed wyładowaniami ESD i błyskawicami, jak również przed odwrotnym podłączeniem zasilania. Niestety, nie byłyby w stanie długo pracować w realnej aplikacji – gdy zadziałają, prąd przepływający przez łańcuch diod z łatwością mógłby skrócić użyteczny czas pracy takiej diody. Natomiast układ SCR o ile zabezpieczy przed rozwarciem na diodzie LED, nie ochroni ani przed wyładowaniami ESD, ani błyskawicami. Nie pomoże też w przypadku odwrotnej polaryzacji zasilania. SCR-y mają ponadto zazwyczaj większe rozmiary, które mogą sprawić problemy podczas próby instalacji ich w różnych, wysoce jasnych źródłach światła, w których diody LED są umieszczone bardzo blisko siebie.

Zabezpieczenie zasilacza po stronie pierwotnej

Podczas doboru metody zabezpieczenia zasilacza po stronie pierwotnej, kluczowym elementem jest zrozumienie, że obszar ten jest najbardziej wrażliwy na wyładowania spowodowane uderzeniami błyskawic w pobliskiej okolicy. Jakikolwiek komponent zostanie wybrany, musi być na tyle odporny, by wytrzymać skoki napięć i prądów, jakie wtedy się pojawiają. Uważa się, że minimum, jakie należy brać pod uwagę, to odporność na prądy do 3 kA, ale warto pomyśleć o zabezpieczeniu wytrzymującym nawet 6 kA. Co więcej, zastosowany mechanizm ochronny musi też być bardzo szybki, by ograniczyć wszelkie uszkodzenia dalszych obwodów. Kryteria doboru bezpiecznika pracującego na wejściu zasilacza powinny obejmować napięcie i prąd znamionowy oraz współczynnik I^2T , nazywany całką Joule'a. Ten ostatni parametr mówi, jaką ilość energii jest w stanie wytrzymać dany element zabezpieczający, zanim rozewrze obwód. Dlatego też bezpieczniki zwłoczne mają wyższe wartości parametru I^2T niż bezpieczniki działające błyskawicznie. Ponadto wartość parametru I^2T rośnie proporcjonalnie do prądu znamionowego danego bezpiecznika.

Innym kluczowym komponentem zasilacza AC jest transil (TVS – *Transient Voltage Suppressor*) lub warystor – oba z nich pomagają w odseparowaniu nadmiernych napięć od wrażliwych komponentów.

Zabezpieczenie obwodu wtórnego zasilacza

Po przejściu przez część pierwotną, kluczowe jest zabezpieczenie stałoprądowej sekcji zasilacza za pomocą wysokonapięciowego bezpiecznika DC, który zadziała w momencie pojawienia się zbyt wysokich prądów. Drugi transil w obwodach DC będzie stanowić dodatkowe zabezpieczenie przed nadmiernymi napięciami, zapobiegając uszkodzeniom tak obwodów sterujących zasilaczem, jak i ograniczając łańcuch, jaki może popłynąć do samych łańcuchów diod LED.

Podsumowując, o ile diody LED mogą faktycznie być znacznie bardziej żywotne niż tradycyjne źródła światła, wymagają też adekwatnych obwodów zasilających, które pozwolą im spełnić oczekiwania, jakie stawiają przed nimi klienci. Koncentrując się na opisanych powyżej, trzech kluczowych elementach zabezpieczeń obwodów elektrycznych w projektach systemów oświetleniowych, tworzone LED-y będą mogły pracować dłużej, a nawet działać w trudniejszym środowisku.

Andrew Fawcett
Senior Product Manager, Farnell