

DROGOWE OPRAWY OŚWIETLENIOWE ZE ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA LED – POSTĘP W EFEKTYWNOŚCI I JAKOŚCI OŚWIETLENIA

Stanisław PIENIAŻEK

ELGO Lighting Industries S.A., ul. Kutnowska 98, 09-500 Gostynin
tel: 024 236 0436 fax: 024 235 7173 e-mail: stanislaw.pieniazek@elgo-li.pl

Streszczenie: Nieustanny i znaczący postęp technologiczny w produkcji półprzewodnikowych źródeł światła jakimi są diody LED w ostatnich latach sprawił, że stały się już one pełnowartościowymi źródłami światła także w oświetleniu ogólnym nie wyłączając oświetlenia drogowego. Diody elektroluminescencyjne podlegają niezwykle dynamicznemu i ciągłemu rozwojowi technologicznemu. Dzisiejsze rozwiązania są inne niż te nie tylko sprzed kilku lat ale także nawet sprzed jednego roku. Przewiduje się, że diody elektroluminescencyjne, ze względu na swoje specyficzne cechy konstrukcyjne i mimo występowania jeszcze wielu problemów do rozwiązania, pozwolą na osiągnięcie zupełnie nowych standardów w oświetleniu. W artykule przedstawiono zarys budowy diod LED i ich zasadę działania. W oparciu o aktualny stan techniki podano zasady ich zastosowania w oprawach oświetleniowych drogowych z wyszczególnieniem ich zalet i wad.

Słowa kluczowe: oświetlenie drogowe, diody LED

1. DIODY LED – BUDOWA, DZIAŁANIE

Podstawą działania diody LED (Light Emitting Diode) jest zjawisko elektroluminescencji zaobserwowane po raz pierwszy w 1907 roku. Jednak pierwsze egzemplarze wyprodukowanych diod pojawiły się dopiero w końcu lat sześćdziesiątych XX wieku.

Diody LED są strukturami półprzewodnikowymi zawierającymi złącze p-n, emitującymi promieniowanie optyczne po wzbudzeniu złącza prądem elektrycznym. Dioda LED emituje światło (fotony) w kierunku przewodzenia, tzn. od warstwy typu *p* do warstwy typu *n*. Diody zasilane są ze źródła prądu, przy czym dla diod małej mocy wartość prądu zasilania jest rzędu 30 ÷ 100 mA (diody mocy 50 ÷ 100 mW), dla diod tzw. dużej mocy (1 ÷ 5 W) typowe wartości prądu to 0,35 A do 1,0 A. Diody zasilane są napięciem stałym o wartości zaledwie kilku woltów. Wartość napięcia zasilającego jest zależna od energii emitowanych fotonów, im jest ona większa tym wymagane jest większe napięcie. Stosowane są różne źródła prądowe, do najprostszych zaliczyć można te z włączonym w szereg z diodą rezystorem. Praktyczna realizacja stosowanych dziś rozwiązań opiera się na rozbudowanych układach sterowania zwykle całą matrycą diod LED, wyposażonych w czujniki temperatury, jak i pozwalających sterować strumieniem świetlnym tak dla ograniczenia poboru mocy zapobiegając uszkodzeniu diody (matrycy), jak i kontrolowanej przez użytkownika

oświetlenia regulacji mocy po odpowiednim jej zaprogramowaniu. Praktyczna realizacja tego rodzaju układu jest zagadnieniem z teorii obwodów zapewniającym optymalną stabilizację prądu jak i możliwość jego regulacji. Tak więc problem ściemniania, rozjaśniania nie stanowi układowo dla oprawy większego problemu.

Światło diod jest w zasadzie monochromatyczne o charakterystycznym rozkładzie podobnym do krzywej Gaussa (szerokość widma 10 ÷ 30 nm). W zależności od użytego materiału do wykonania diody możliwym jest uzyskanie praktycznie dowolnej barwy światła (kolor żółty, zielony, czerwony, niebieski, pomarańczowy) – ich rozwój przypada na lata osiemdziesiąte XX wieku. Białe światło uzyskano pod koniec lat dziewięćdziesiątych poprzez zmieszanie trzech barw: czerwonej, zielonej i niebieskiej (kolory RGB). Białe światło może być wytwarzane, przy obecnych rozwiązaniach, na dwa podstawowe sposoby. Jednym sposobem jest mieszanie barwnego światła z trzech diod składowych RGB, drugim przekształcenie, przy użyciu luminoforu, światła niebieskiej diody bądź diody wytwarzającej promieniowanie UV. Wynalezienie diody UV w połączeniu z luminoforami dało możliwość wytwarzania światła białego o szerokiej gamie temperatur barwowych. Metodę pierwszą cechuje duży koszt i złożoność obwodu sterującego-zasilającego. Istnieje konieczność uwzględnienia różnic w promieniowaniu poszczególnych barw RGB. Metoda z zastosowaniem luminoforu charakteryzuje się stosunkowo prostą technologią produkcji i nieskomplikowanym układem zasilania diod w oprawie oświetleniowej. Ze względu na straty na konwersję światła w trójkolorowym luminoforze to rozwiązanie jest jednak mniej efektywne energetycznie, nie daje możliwości pełnego kontrolowania barwy światła białego jak i współczynnika oddawania barw. Niekiedy występuje także szczytkowe promieniowanie UV przedostające się przez warstwy luminoforu. Trzecia metoda, metoda hybrydowa, łączy zalety dwóch wyżej podanych rozwiązań. Stosuje się wzbudzenie żółtego luminoforu przy pomocy światła diody niebieskiej. Zmieszanie barwy niebieskiej i żółtej daje barwę białą. Uzyskana tak dioda charakteryzuje się stosunkowo prostą metodą wykonania jak i prostym układem zasilania, dużą wydajnością energetyczną oraz brakiem promieniowania w paśmie UV.

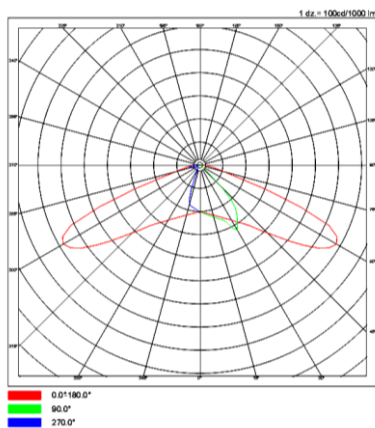
Cechy te przesądzą o popularności tego rozwiązania i jest ono najintensywniej rozwijane. Jak widać w produkcji diod LED korzysta się z najbardziej zaawansowanych technologii, a do opracowania procesu wytwarzania niezbędna jest szeroka wiedza z zakresu elektroniki półprzewodnikowej, fizyki ciała stałego, inżynierii materiałowej a także optyki i chemii.

2. ZASTOSOWANIE W OPRAWACH OŚWIETLENIOWYCH

Projektowanie opraw oświetleniowych z diodami LED wymaga zastosowania układów wieloźródłowych ze względu na małą moc pojedynczych diod. Ilość światła wytwarzanego przez pojedynczą diodę jest zbyt mała dla celów oświetleniowych. Pojedyncze diody łączone są w większe struktury, nazywane modułami LED. Poszczególne diody są łączone ze sobą równolegle, kolejne gałęzie szeregowo.

Z uwagi na to, że oprawa oświetleniowa jest oprawą wieloźródłową niezbędnym jest zaprojektowanie wyjątkowo trudnego układu foto-optycznego dla matrycy modułu diodowego. Bryła fotometryczna oprawy oświetlenia ulicznego jest bardzo specyficzna - inna w kierunku wzdłuż jezdni i inna w poprzek, bez symetrii obrotowej. W oprawach oświetleniowych LED rozsyły światłości uzyskuje się na kilka sposobów:

1. poprzez równomierne rozłożenie diod, o tej samej bryle fotometrycznej, na płaskiej powierzchni i montuje się na każdej diodzie soczewki odpowiednio formujące bryłę fotometryczną,
2. diody o takim samym rozsyłe montuje się na specjalnie wygiętej (liniowo lub skokowo) powierzchni i montuje się na każdej z diod uformowane odbłyśniki (reflektory),
3. i rzadko diody o tym samym rozsyłe montuje się na płaskiej powierzchni pod różnym kątem (bardzo trudne uzyskanie dokładności montażu).

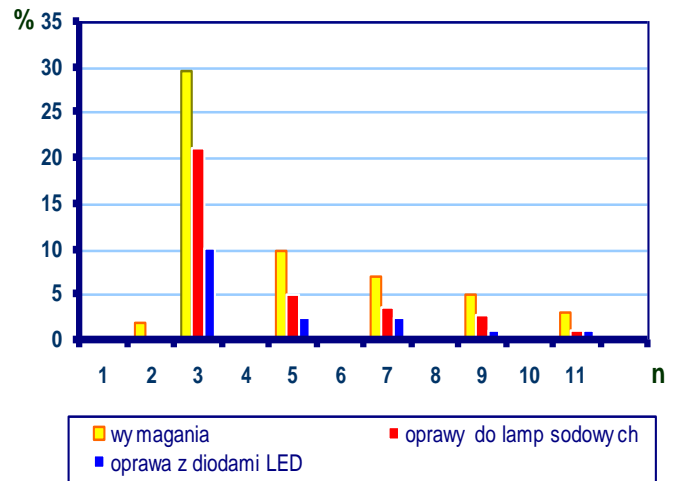


Rys.1. Przykład wykresu rozsyłu światła we współrzędnych biegunowych – oprawa uliczna oparta o diody LED produkcji ELGO

Stosunkowo wąski kąt rozsyłu układów optyczno-światłowych diod LED umożliwia uzyskanie stosunkowo małego olśnienia od tego typu opraw co jest dużą zaletą. Na chwilę obecną skuteczność świetlna diod LED, wskazująca ile uzyskuje się strumienia świetlnego z jednostkowej mocy dostarczonej, jest już na przyzwoitym poziomie. Bardzo dobrej jakości diody o

białej barwie światła osiągają (w warunkach produkcyjnych) wartość 100 lm/W i więcej. A więc na poziomie najlepszych lamp wysokoprężnych sodowych o żółtej barwie światła i przewyższają już uzyskiwane poziomy skuteczności świetlnej wysokoprężnych lamp metalohalogenkowych o białej barwie światła.

Układy matrycy LED zasilane są niskim napięciem stałym, najczęściej 12 V lub 24 V z układów zasilających, te z kolei zasilane są napięciem sieciowym 230 V 50 Hz.



Rys. 2. Porównanie wymagań w zakresie emisji harmonicznych prądu wg normy PN-EN 61 000-3-2: 2004 z wynikami badań laboratoryjnych drogowych opraw oświetleniowych do lamp sodowych wysokoprężnych (podano wartości maksymalne z badań dla opraw o mocy od 50 W do 400 W dla wykonań standardowych i z regulacją mocy) i oprawy z diodami LED produkcji ELGO

Rozbudowane elektroniczne układy zasilające realizują i nadzorują wszystkie istotne parametry związane z prawidłowym działaniem matryc diodowych takie jak:

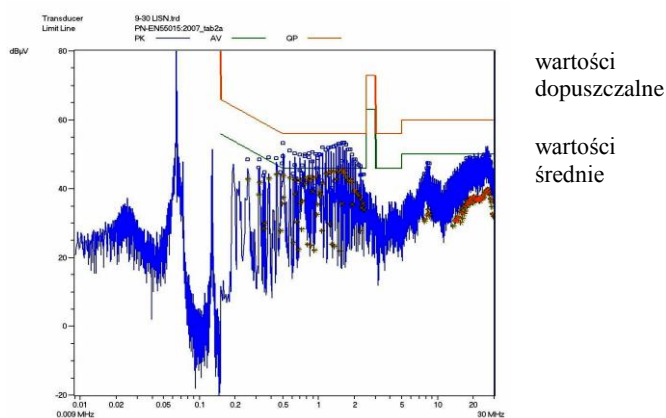
1. stabilizacja prądu przewodzenia,
2. temperatura pracy matrycy diodowej,
3. sterowanie poziomem mocy pobieranej w zależności od warunków termicznych w oprawie - zmniejszanie poziomu strumienia świetlnego w przypadku pogorszenia się parametrów termicznych pracy oprawy,
4. programowana regulacja mocy pobieranej co w konsekwencji powoduje zmniejszenie poboru mocy przez oprawę przy jednoczesnym zmniejszeniu poziomu oświetlenia (zgodne z zaleceniami normy PN-EN 13 201: 2007 gdy natężenie ruchu pojazdów jest znacząco niskie).

Diody LED nie emitują, ani promieniowania ultrafioletowego, ani promieniowania podczerwonego. Oznacza to konieczność odprowadzenia dużych ilości ciepła z obudów złącz p-n. Realizuje się to poprzez stosowanie w oprawie radiatorów zapewniających dostatecznie szybkie odprowadzanie ciepła. Radiatorem często jest odpowiednio zaprojektowana obudowa oprawy. Termiczne warunki pracy diody są bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na parametry fotometryczne i jej trwałość.

3. ZALETY I WADY DIOD LED W OŚWIETLENIU DROGOWYM

Diody oświetleniowe LED są kolejną generacją sztucznych źródeł światła. Ciągły ich rozwój pozwala przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości wyprą wiele rodzajów używanych dziś źródeł światła. Pod względem technicznym można wymienić ich takie cechy:

1. bardzo duża trwałość. Producenci, o uznanej renomie, podają średnią trwałość na poziomie 30 000 ÷ 50 000 godzin, przy czym trwałość diod białych jest nieco niższa od trwałości diod o innych kolorach. W odniesieniu do dotychczas stosowanych źródeł światła zwykle trwałość podaje się jako czas, po którym połowa (50 %) źródeł światła wygasa. Dla diod LED tak zdefiniowany parametr nie ma zastosowania, ponieważ świecić one będą w bardzo długim czasie z coraz mniejszym strumieniem świetlnym. Dlatego dla diod LED przyjęto kryterium spadku strumienia świetlnego do określonego poziomu. Najczęściej jest to 70 % początkowej wartości (oznaczenie symbolem L_{70}). Trwałość diod LED jest już wyższa od trwałości najlepszych wysokoprężnych lamp sodowych i kilkakrotnie przewyższająca trwałość wysokoprężnych lamp metalohalogenkowych. Należy także zaznaczyć, że o trwałości oprawy z diodami LED decydują nie tylko same elementy świecące ale również elementy układu zasilania, systemu odprowadzania ciepła, układy optyczne, itp.

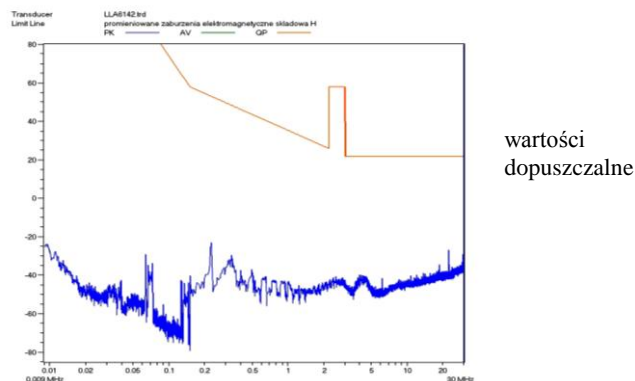


Rys. 3. Poziomy napięć zaburzeń radioelektrycznych na zaciskach zasilania (wartości dopuszczalne według normy PN-EN 55015: 2007 i pomierzone) - oprawa drogowa z diodami LED produkcji ELGO

2. skuteczność świetlna diod emitujących białe światło jest aktualnie (dla warunków produkcji przemysłowej uznanych producentów) na poziomie 80 ÷ 130 lm/W. Każdy miesiąc przynosi nowe informacje o postępach w technologii produkcji diod poprawiającym także ten parametr. Tak więc, już dziś, wartości skuteczności świetlnej diod dużej mocy są już wyższe niż mają lampy wysokoprężne sodowe jak i metalohalogenkowe.

3. istotnym parametrem jest zachowanie się strumienia świetlnego z upływem czasu eksploatacji. Jest to bardzo ważna kwestia, gdyż od tej cechy zależy jak duży zapas strumienia świetlnego należy przewidzieć

w chwili oddawania oprawy oświetleniowej do użytku oświetlenia - dobór odpowiedniej wartości współczynnika zapasu k tak by pod koniec okresu eksploatacji pozostała wielkość strumienia gwarantowała odpowiedni do potrzeb poziom oświetlenia. Na obecną chwilę diody LED dużej



Rys. 4. Poziomy promieniowanych zaburzeń elektromagnetycznych w zakresie 9 kHz do 30 MHz (wartości dopuszczalne wg normy PN-EN 55015: 2007 i pomierzone) - oprawa drogowa z diodami LED produkcji ELGO

mocy charakteryzują się nieco gorszą stabilnością utrzymania strumienia świetlnego niż lampy sodowe i lepszą niż lampy metalohalogenkowe.

4. długi, bezobsługowy okres eksploatacji jest oparty głównie na przewidywanej trwałości diod LED wyznaczonej w warunkach laboratoryjnych. Co do trwałości pozostałych istotnych układów tak elektronicznych, jak i osprzętu na dziś brak jest jeszcze doświadczeń eksploatacyjnych mogących wiarygodnie ustalić ten parametr (trwałość układów zasilających).

5. ze względu na stosunkowo nieduże moce diod LED, w porównaniu do klasycznych lamp stosowanych w oświetleniu drogowym, oprawy oświetlenia ulicznego muszą być oprawami wieloźródłowymi. Dlatego układ optyczny musi być zrealizowany jako matryca diodowa, w której diody w grupach świecą w różnym kierunku (na giętej powierzchni, na której montowane są diody) lub wszystkie świecą w tym samym kierunku (mają zamontowane soczewki o jednakowym pożądanym rozsyle) przy płaskiej matrycy diodowej. Może się zdarzyć, że spośród tej liczby diod ulegnie statystycznie awarii jedna dioda (grupa diod). Oprawa nadal będzie działała, ponieważ układy sterowania i regulacji czuć będą nad prawidłowym zasilaniem i temperaturą pracy pozostałych sprawnych elementów świecących oprawy. Dla oprawy o giętej powierzchni montażowej diod kierunek, przy uszkodzonej diodzie, dla którego zaplanowano świecenie będzie pozbawiony światła. Poziom oświetlenia w obu rozwiązaniach konstrukcyjnych układu optycznego będzie zawsze niższy.

6. bryła fotometryczna oprawy oświetlenia ulicznego jest bardzo specyficzna i pozbawiona symetrii obrotowej, jest także inna w kierunku wzdłuż jedni i inna w poprzek tej jezdni. Po latach wytężonej pracy, żmudnych prób i badań, wysiłki w zakresie konstrukcji układu optycznego zaowocowały w końcu opracowaniami spełniającymi wymagania rozkładu oświetlenia na jezdni. W dalszym ciągu dla wielu rozwiązań opraw oferowanych na rynku jest brak dostępu do danych fotometrycznych (bryła fotometryczna, wykresy linii łączące punkty o jednakowym natężeniu oświetlenia, tzw. wykresy izoluksów). Stąd też

powinno się zachować ostrożność przy rozpatrywaniu ofert przed zakupem opraw.

7. chromatyczność, rozkład widmowy promieniowania oraz oddawanie barw. Diody LED to przede wszystkim monochromatyczne źródła światła o bardzo wąskim zakresie widma (użyteczna szerokość widma wynosi ok. 20 nm). Są one zatem bezpośrednim źródłem światła barwnego co jest jedną z największych zalet. Oferta barwnych diod LED została uzupełniona diodami o barwie białej. W zależności od sposobu mieszania składowych podstawowych barw RGB jak i dobranego luminoforu (różne sposoby uzyskiwania barwy białej) uzyskuje się dość niski wskaźnik oddawania barw ($R_a < 60$) jak i dobre oddawanie barw ($R_a > 60$). Obecnie stosowane luminofory pozwalają na uzyskanie współczynnika oddawania barw na poziomie $70 \div 85$, przy czym standardem jest $R_a = 75$.

8. odporność na wstrząsy, uderzenia i wibracje. Zwarta konstrukcja diody półprzewodnikowej (brak wrażliwych na wstrząsy elementów metalowych lub szklanych dla typowych źródeł światła) eliminuje uszkodzenia mechaniczne tak podczas transportu a także montażu i późniejszej eksploatacji opraw z tymi źródłami światła. Ma to szczególne znaczenie dla pracy na trasach komunikacyjnych podlegającym dużym drganiom, głównie ze względu na duże natężenie ruchu drogowego. Nie wpływa to na zarówno na trwałość jak i na ich strumień świetlny.

9. natychmiastowe bezzwłoczne zadziałanie. Po chwilowym braku napięcia zasilania działanie diod (matrycy diodowej) w oprawie jest natychmiastowe. Jest możliwe i ma praktyczne znaczenie zastosowanie czujników ruchu dla drożdze, na której pojawił się użytkownik tej powierzchni ruchu. Tej zalety nie posiadają wysokoprężne lampy wyładowcze.

10. brak szkodliwej dla środowiska naturalnego rtęci. Rtęć jest używana w produkcji wszystkich wyładowczych źródeł światła.

11. rozwiązania techniczne układów zasilających umożliwiają precyzyjną regulacją prądu zasilania diod (i całych opraw) dla uzyskania oczekiwanego emitowanego strumienia świetlnego. Wynik obliczeń poziomu oświetlenia dla projektowanego ciągu komunikacyjnego ma bezpośrednie przełożenie dla ustalenia nastaw parametrów elektrycznych opraw dla uzyskania optymalnego poziomu mocy pobieranej - ścisła zależność strumienia świetlnego w funkcji prądu zasilania diod (matrycy diodowej). Przeciętnie dwukrotne zmniejszenie (zwiększenie) prądu zasilania w stosunku do znamionowego powoduje zmianę dwukrotnie zmniejszenia (zwiększenia) strumienia świetlnego w sposób quasi liniowy.

12. koszt jednostkowy opraw opartych o diody LED jest bardzo wysoki. Koszt ten jest jeszcze bardzo wysoki ale wraz z upowszechnianiem powinien i będzie się obniżać.

13. biała barwa światła może przemawiać za stosowaniem diod LED w oświetleniu zewnętrznym. Od szeregu lat stosowanie białego światła w tego rodzaju oświetleniu, jest przedmiotem badań i opracowań technicznych. Reakcja układu widzenia człowieka zależy od zdolności przystosowania się do warunków oświetlenia (poziom, rozkład luminancji). Dla dróg o wysokich wymaganiach oświetleniowych przystosowanie narządu wzroku (poziom adaptacji) odpowiada praktycznie widzeniu fotopowemu (widzenie związane z czopkami

siatkówki oka) tak jak dla wysokich poziomów oświetlenia w ciągu dnia. Widzenie powiązane z pręcikami i niskimi poziomami oświetlenia (w ciągu nocy) to widzenie skotopowe. Poziomy oświetlenia, które są niższe niż światło dzienne ale wyższe niż całkowita ciemność (warunki podobne do panujących nocą na ulicach miast) odpowiadają widzeniu mezopowemu (zarówno pręciki jak i czopki biorą udział w procesie widzenia). Przy takim oświetleniu maksimum czułości oka przesuwa się właśnie w stronę fal krótszych. Jeśli źródło światła emituje światło z niebieskiego zakresu widma, światło to będzie wychwycone przez pręciki bardziej aktywne w warunkach słabego oświetlenia – oko silniej reaguje na promieniowanie w krótkofalowej części widma. Tak więc stosowanie diod LED może być korzystne ze względu na charakter rozkładu ich promieniowania w tej części widma co ma duże znaczenie dla poziomów oświetlenia dróg o mniejszym znaczeniu komunikacyjnym. Konsekwencją tego jest lepsze widzenie przy zastosowaniu diod LED w porównaniu do wysokoprężnych lamp sodowych dla dróg o niskich wymaganiach oświetleniowych. Przeprowadzone testy, w warunkach naturalnych na wybranych grupach mieszkańców tak w USA jak i Europie, dla oceny wpływu widma światła na odczucia efektu oświetleniowego wykazały, że światło białe jest doskonalsze niż żółte pod względem ilości, jakości światła jak i bezpieczeństwa. Poziom bezpieczeństwa uznawany był za podobny, gdy poziom światła białego (6 500 K) był nawet o około 30 % niższy niż światła żółtego wysokoprężnej lampy sodowej. Możliwość obniżenia normatywnych wymagań oświetleniowych dla dróg o niskich wymaganiach oświetleniowych dla instalacji wykorzystujących diody LED jest obecnie w fazie badań i analiz. Wyniki obliczeń wskazują na celowość stosowania opraw z diodami LED szczególnie w oświetlaniu ciągów komunikacyjnych o niskich wymaganiach oświetleniowych - z uzyskanych wyników obliczeń wynika, że od klasy oświetleniowej S4 zastosowanie diod LED umożliwi obniżenie wymagań oświetleniowych o jedną klasę w stosunku do aktualnych wymagań normy PN EN 13201-2.

Tablica 1. Skuteczności świetlne białych diod mocy LED [lm/W]

barwa	Seul Semicondutor (Korea Płd.)	Cree (USA)	Philips (Holandia)	OSRAM (Niemcy)
zimna	106	122	100	102
neutralna	84	82	91	102
ciepła	75	70	73	102

4. WNIOSKI

Diody elektroluminescencyjne podlegają niezwykle dynamicznemu i ciągłemu rozwojowi technologicznemu. Dzisiejsze rozwiązania są inne niż te nie tylko sprzed kilku lat ale także nawet sprzed jednego roku. Obserwowany dynamiczny rozwój spowoduje zapewne wejście nowych rozwiązań, które pojawią się na rynku w najbliższej przyszłości. Wysoka trwałość i wysoka skuteczność świetlna diod LED jest nadzieją na energooszczędne rozwiązania oświetlenia ulicznego. W normalizacji międzynarodowej pojawiły się opracowania normatywów w zakresie wymogów bezpieczeństwa modułów LED do ogólnych celów oświetleniowych

(EN 62 031: 2008, Moduły LED do ogólnych celów oświetleniowych – Wymagania bezpieczeństwa). Aktualnie na szczęblu Unii Europejskiej podjęto także prace nad opracowaniem zaleceń i wytycznych dotyczących tzw. ekoprojektu w myśl dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 lipca 2005 r.).

Oprawy oświetleniowe z tymi nowymi źródłami światła są obiecującym rozwiązaniem technicznym. Ich możliwe aplikacje w oświetleniu drogowym sprowadzają się dziś do raczej niskich klas oświetlenia - ze względów czysto ekonomicznych nie mogą być dziś zamiennikami klasycznych opraw oświetleniowych dla wyższych klas oświetleniowych.

Źródła światła stosowane w oświetleniu drogowym powinny charakteryzować się wysoką efektywnością energetyczną, trwałością i stabilnością parametrów w całym okresie eksploatacji. Obecny stan techniki w tym zakresie wskazuje, że diody LED spełnią w niedalekiej przyszłości wszystkie te wymagania z nadwyżką.

Przewiduje się, że diody elektroluminescencyjne, ze względu na swoje specyficzne cechy konstrukcyjne i mimo występowania jeszcze wielu problemów do rozwiązania, pozwolą na osiągnięcie zupełnie nowych standardów w oświetleniu.

5. BIBLIOGRAFIA

1. EN 62 031: 2008: Moduły LED do ogólnych celów oświetleniowych – Wymagania bezpieczeństwa, CEN, Bruksela, 2008.

2. Górczewska M.: Diody Led – poprawa efektywności i jakości oświetlenia zewnętrznego, V Konferencja Oświetlenie drogowe. Sposoby zarządzania systemami oświetlenia na terenie kraju, Kołobrzeg, 2010
3. Kelm P.: Projektowanie matryc LED do opraw oświetleniowych, XVI Krajowa Konferencja, Oświetleniowa Technika Świetlna '07, Przegląd Elektrotechniczny nr1/2007, Warszawa, 2007.
4. Morante P.: Mesofic Street Lighting. Demonstration and Evaluation Final Report, Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute Troy, New York, 2008.
5. Turlej Z.: Barwy i efektywność źródeł światła LED, XVI Krajowa Konferencja, Oświetleniowa Technika Świetlna '07, Przegląd Elektrotechniczny nr 1/2007, Warszawa, 2007.
6. Żagan W.: Rzetelnie i rozważnie o LED-ach – ocena obecnych i prognoza przyszłych aplikacji oświetleniowych diod elektroluminescencyjnych, Przegląd Elektrotechniczny nr 1/2008, Warszawa, 2008.
7. strony internetowe [www: cree.com](http://www.cree.com), [acriche.com](http://www.acriche.com), [nichia.com](http://www.nichia.com), [philips.com](http://www.philips.com), [osram.pl](http://www.osram.pl), [lrc.rpi.edu](http://www.lrc.rpi.edu), [ledsmagazine.com](http://www.ledsmagazine.com), [led.alfazeta.pl](http://www.led.alfazeta.pl).
8. materiały firmowe ELGO Lighting Industries S.A.

LED ROAD LUMINAIRES – PROGRESS IN EFFICIENCY AND QUALITY OF LIGHTING

Key-words: road lighting, LEDs.

Continuous and significant technological progress in manufacturing of semiconductor light sources such as LEDs in recent years, meant that they have become of standard value light sources in general and road lighting. Light-emitting diodes undergo extremely dynamic and continuous technological development. Today's solutions are different than it was a few years ago, but even before one year. It is expected that the light-emitting diodes, due to its specific design features, and although there are still many problems to solve, will achieve a completely new standards in lighting. The article presents an outline of the construction of LEDs, their principle of operation. Based on the current status of technology it has been given the rules for their use in road luminaires, specify their advantages and disadvantages according to the present state of knowledge.

