

RÓŻOWICZ Sebastian

ANALIZA PORÓWNAWCZA PÓLPRZEWODNIKOWYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA LED ZE ŚWIATŁAMI KONWENCJONALNYMI WSPÓŁCZESNYCH POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę porównawczą półprzewodnikowych źródeł światła „LED” ze światłami konwencjonalnymi współczesnych samochodów. Dokonano badań wpływu parametrów konstrukcyjnych lamp samochodowych na wartość natężenia oświetlenia pasa drogowego. W artykule przedstawiono weryfikację parametrów lamp w aspekcie toksyczności spalin. Analizę przeprowadzono na reflektorze firmy Valeo natomiast weryfikacji dokonano na reflektorze pochodzącym z Cadillac'a. Dokonano porównania wyników zdjętych na obiektach rzeczywistych.

WSTĘP

Dioda świecąca, LED (ang. Light Emitting Diode) pojawiła się w produkcji seryjnej już w latach sześćdziesiątych XX wieku. Dopiero jednak rozwój technologii produkcji diod elektroluminescencyjnych wysokiej mocy umożliwił zastosowanie tego źródła światła w oświetleniu samochodowym [1]. Coraz bardziej powszechne pojawianie się diody, jako źródła światła w oświetleniu samochodowym, wynika z jej szczególnych cech, które w wielu aspektach takich jak: trwałość, szybkość załączania, czy niewielkie rozmiary przewyższają tradycyjne źródła światła.

Rozwój technologiczny diod cechuje się stałą tendencją wzrostu ich skuteczności świetlnej. Szacuje się, że w ciągu najbliższych kilkunastu lat, skuteczność świetlna może dojść nawet do 200 lm/W (czyli około 20-krotnie więcej niż skuteczność świetlna żarówek konwencjonalnych). Większa skuteczność świetlna źródła światła pozwala na zmniejszenie mocy pobieranej przez oświetlenie pojazdu [2]. Już w chwili obecnej pobór mocy lampy diodowej w porównaniu do jej klasycznego odpowiednika jest kilkakrotnie mniejszy. Czynnikiem ten nabrał dodatkowego znaczenia z powodu konieczności stosowania ciągłego oświetlenia pojazdów samochodowych będących w ruchu [3].

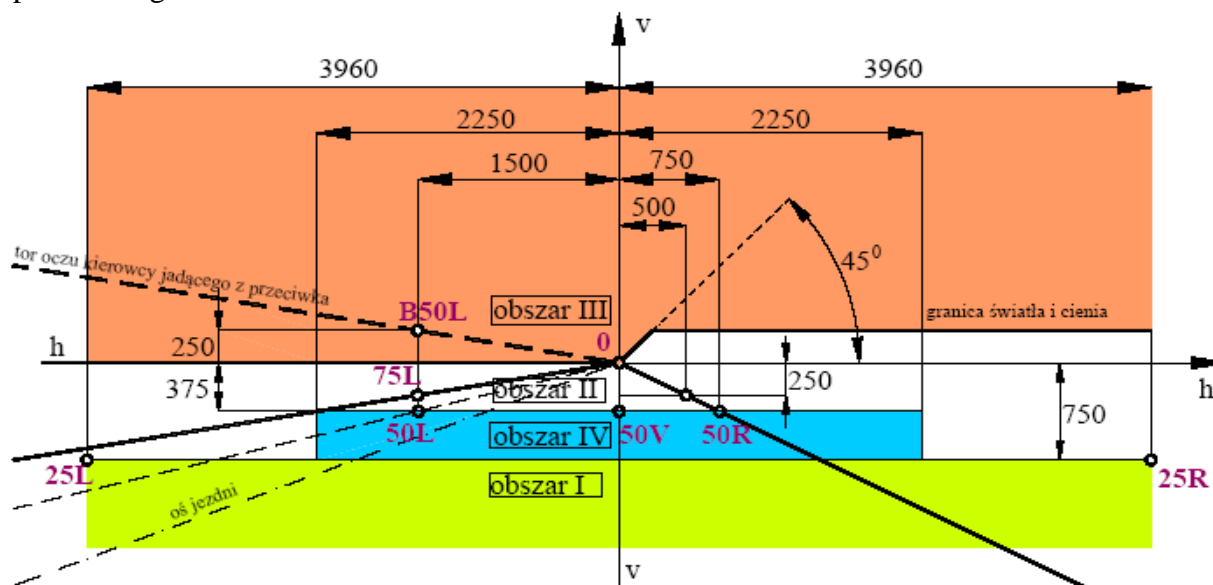
Celem niniejszej pracy jest analiza porównawcza półprzewodnikowych źródeł światła ze źródłami konwencjonalnymi we współczesnych samochodach. Badania laboratoryjne światła do jazdy dziennej reflektora firmy Valeo oraz analiza porównawcza konwencjonalnych źródeł światła ze źródłami LED stosowanymi w reflektorach.

1. REGULAMINY EKG ONZ DOTYCZĄCE OŚWIETLENIA SAMOCHODOWEGO

Regulaminy EKG ONZ, dotyczące oświetlenia pojazdów drogowych można podzielić na następujące grupy:

- regulaminy dotyczące reflektorów pojazdów drogowych – Regulaminy 5, 19, 31, 98, 112, 113, 119, 123,
- regulaminy dotyczące lamp sygnałowych – Regulaminy 6, 7, 23, 38, 50, 77, 87, 91,
- regulaminy dotyczące urządzeń odblaskowych – Regulaminy 3, 27, 69, 70, 104,
- regulaminy dotyczące świateł rozpoznawczych – Regulaminy 4, 65, 121,
- regulaminy dotyczące rozmieszczenia urządzeń świetlnych na pojeździe – Regulaminy 48, 53, 74, 86,
- regulaminy dotyczące samochodowych źródeł światła – Regulaminy 37, 99.

Regulamin 112 określa dwie kategorie świateł mijania A i B z rozróżnieniem opierającym się na odmiennych wymaganiach fotometrycznych (praktycznie: kategoria A powinna spełniać wymagania wycofanych regulaminów, dotyczące stosowania niehalogenowych żarówek, a kategoria B wymagania dla reflektorów wyposażanych w żarówki halogenowe). W porównaniu z wycofanymi regulaminami np. ujednolicono wymagania fotometryczne dla punktu B50L (spełnienie wymagań w tym punkcie oznacza zapewnienie, że reflektor nie będzie oślepiał kierowców pojazdów nadjeżdżających z przeciwka). Na rysunku 1. przedstawiono ekran pomiarowy do badania świateł mijania z oznaczeniami typowych punktów i geometrii świateł.



Rys. 1. Ekran pomiarowy do badań projektorów asymetrycznych świateł mijania z żarówkami halogenowymi [4]

Dla obu kategorii reflektorów wprowadzono możliwość wyposażania ich w dodatkowe źródło światła zapewniające realizację funkcji przesuwania granicy światła i cienia w poziomie (ang. bending lighting) oraz inne dodatkowe, stanowiące źródło promieniowania podczerwonego.

W tabeli 1. zaprezentowano wymagane natężenie oświetlenia dla danego punktu pomiarowego.

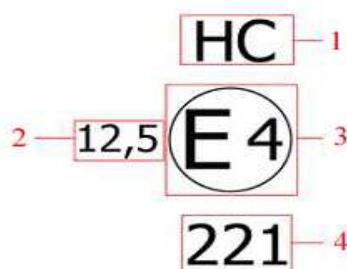
Tab. 1. Wymagane natężenie oświetlenia dla danego punktu pomiarowego [3]

Oznaczenie punktu pomiarowego	Natężenie oświetlenia E [lx]
B40L	$E \leq 0,4$
75L	$E \leq 12,0$
75R	$E \geq 12,0$
50L	$E \leq 15,0$
50R	$E \geq 12,0$
50V	$E \geq 6,0$
25L	$E \geq 2,0$
25R	$E \geq 2,0$
Obszar III	$E \leq 0,7$
Obszar IV	$E \geq 3,0$
Obszar I	$E \leq 2,0 \times E_{50R}$

Regulaminy 113 i 123 dotyczą wymagań fotometrycznych reflektorów pojazdów drogowych. W regulaminie 113 określono wymagania dla czterech kategorii: A, B C i D (różniących się wymaganiami fotometrycznymi w określonych punktach pomiarowych), a w regulaminie nr 123 wyróżniono następujące kategorie: C, V, E i W oraz dwa tryby pracy świateł z ruchomą granicą światła i cienia. Koncepcja adaptacji świateł mijania i drogowych polega na dostosowywaniu ich parametrów świetlnych do zmiennych warunków na drodze, ponadto światła mijania mogą, jak już wspomniano, realizować doświetlanie drogi na zakrętach. Porównując wymagania fotometryczne dotyczące świateł mijania, określone tzw. standardowym ekranem pomiarowym europejskich świateł mijania (obecnym nadal w regulaminie 112) z wymaganiami regulaminów 113 czy 123 można stwierdzić znaczący przyrost liczby punktów i obszarów pomiarowych, w tych ostatnich oraz wprowadzenie metod instrumentalnych posiadających się analizą matematyczną do określania granicy światła i cienia. Istnieje stała tendencja do zastępowania tradycyjnych metod pomiarowych, gdzie główną rolę w procesie pomiarowym odgrywał człowiek, metodami zautomatyzowanymi opierającymi się na zastosowaniu komputerowej analizy obrazu plamy świetlnej. Jest to także efekt ogólnej automatyzacji procesów projektowania i produkcji, gdy czas pomiędzy pojawieniem się wizji projektanta, a opracowaniem gotowego wyroby liczony jest w tygodniach [5, 6].

2. HOMOLOGACJA, SYMBOLE I OZNACZENIA REFLEKTORÓW SAMOCHODOWYCH

Istotą systemu homologacji międzynarodowej, funkcjonującej zgodnie z Porozumieniem Genewskim z roku 1958, jest zapewnienie ujednoliconych, uzgodnionych pomiędzy sygnatariuszami porozumienia, wymagań technicznych oraz ich wzajemnie uznawanie. Organ administracji państwowej odpowiedzialny za udzielanie homologacji ma, w ramach swoich obowiązków wynikających z ratyfikacji Porozumienia, zawiadomić wszystkie zainteresowane strony – czyli sygnatariuszy tego Porozumienia o każdej wydanej przez siebie homologacji. Ponadto ratyfikowanie regulaminu oznacza konieczność dostosowania przepisów krajowych do wymagań homologacyjnych oraz dopuszczenie do handlu na swoim terenie wyrobami posiadającymi homologacje wydane przez inne kraje. Na rysunku 2. przedstawiono typowe symbole podawane w oznaczeniach homologacyjnych reflektorów samochodowych.



Rys. 2. Symbole podawane w homologacji [7]

Poniżej znajduje się wyjaśnienie poszczególnych skrótów z rysunku 2.:

- 1 – oznaczenie rodzaju światła, na jakie jest nadana homologacja. W tabeli 2. przedstawiono wykaz oznaczeń oraz przyporządkowany do nich rodzaj światła.

Tab. 2. Wykaz oznaczeń oraz przyporządkowany do nich rodzaj światła [3]

Oznaczenia świateł sygnalizacyjnych	Rodzaj światła
A	Pozycyjne
B	Przeciwmgłowe
C	Mijania
R	Drogowe
CR	Mijania i drogowe
C/R	Mijania lub drogowe
HC	Halogenowe mijania
HR	Halogenowe drogowe
HCR	Halogenowe mijania i drogowe
HC/R	Halogenowe mijania lub drogowe
DC	Ksenonowe mijania
DR	Ksenonowe drogowe
DC/R	Ksenonowe mijania lub drogowe (bi-ksenon)
/	Nie można włączyć jednocześnie
RL	Światło do jazdy dziennej
←	Ruch lewostronny
↔	Ruch lewo lub prawostronny
Brak strzałki	Ruch prawostronny

- 2 – jest to liczba cechowania oznaczająca maksymalną światłość reflektora. Podstawowym parametrem charakteryzującym reflektor drogowy jest światłość maksymalna, odpowiedzialna za zasięg reflektora. O wartości światłości maksymalnej mówi liczba cechowania reflektora drogowego (w przybliżeniu, jeżeli pomnożymy liczbę cechowania przez 3 to dostaniemy światłość maksymalną wyrażoną w tysiącach kandel). W większości reflektorów liczbę cechowania można znaleźć obok numeru homologacji. Niestety nie możemy stosować dowolnie silnych reflektorów. Producentom nie wolno produkować reflektorów o większej liczbie cechowania niż 50 (150000 cd). Maksymalna światłość emitowana przez wszystkie jednocześnie zapalone reflektory drogowego samochodu nie może przekraczać 225000 cd (sumaryczna liczba cechowania 75). Reflektorów o łącznej światłości przekraczającej 225000 cd wolno jednak używać na zamkniętych odcinkach drogi (np. rajdy) jak również poza drogami publicznymi.
- 3 – jest to znak homologacji międzynarodowej składający się z litery „E” i numeru określającego kraj, w którym został wydany dany certyfikat. Tabela 3. przedstawia

przykładowe oznaczenia homologacyjne świateł pojazdów wraz z przyporządkowanymi do nich nazwami krajów.

Tab. 3. Oznaczenia homologacyjne świateł [3]

Oznaczenie na reflektorze	Kraje dopuszczające światła samochodowe zgodnie z normą ECE
E1	Niemcy
E2	Francja
E3	Włochy
E4	Holandia
E5	Szwecja
E6	Belgia
E7	Węgry
E8	Czechy
E9	Hiszpania
E10	Bośnia i Hercegowina
E11	Wielka Brytania
E12	Austria
E13	Luksemburg
E14	Szwajcaria
E20	Polska

– 4 – jest to indywidualny numer homologacji wydawany na dany produkt.

3. ANALIZA PORÓWNAWCZA ŚWIATEŁ LED I KONWENCJONALNYCH

W niniejszym punkcie przedstawiono zakres i przebieg badań laboratoryjnych świateł LED do jazdy dziennej reflektora firmy Valeo. Wyznaczono podstawowe parametry techniczne zastosowanych w nim diod wysokich mocy firmy Osram Opto Semiconductor.

Analizator Świateł (ITS), umożliwia pomiar właściwości fotometrycznych i ustawienie wszystkich rodzajów reflektorów samochodowych tj. świateł mijania, drogowych, przeciwmgłowych, a nawet świateł do jazdy dziennej. Działa w sposób automatyczny przy wykorzystaniu procedur modelujących percepcję wzrokową.

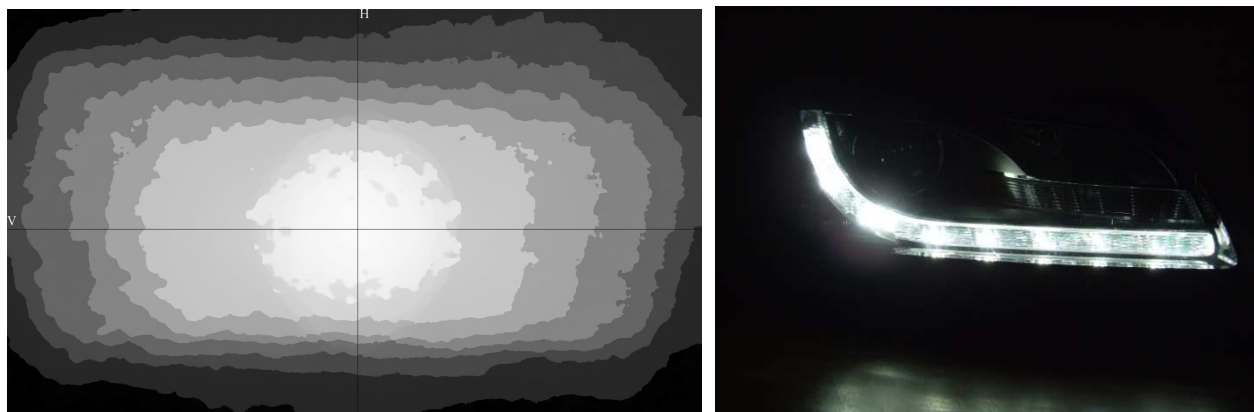
Wszystkie wyniki pomiarów wykonane analizatorem świateł są dokumentowane w postaci wydruków z wykresami oraz zapisywane w pamięci komputera. Przedmiotem badań był zespolony reflektor firmy Valeo stosowany w samochodach Audi A5 model 8T0, w którym światła do jazdy dziennej zostały zrealizowane w technice LED'owej. Badany reflektor został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Badany reflektor firmy Valeo

Celem badań było przeprowadzenie pomiarów natężenia oświetlenia, za pomocą Analizatora Światła dla wykonanej makiety z reflektorem wyposażonym w diodowe światła do jazdy dziennej. Podczas pomiarów reflektor zasilany był napięciem 13,4 V, pobierając prąd 1100 mA, (137 mA na każdą diodę). Oprawa pobierała moc 8,7 W.

Wyniki przedstawia rysunek 4 oraz tabela 4.



Rys. 4. Wykres izoluksów badanej lampy

Tab. 4. Wyniki pomiarów dla poszczególnych kątów wiązki świetlnej [cd]

		Kąty w osi H						
		20°	10°	5°	0°	5°	10°	20°
Kąty w osi	10°	85	210	228	226	235	230	116
	5°	94	253	279	287	241	194	67
V	0°	129	389	404	416	387	349	104
	5°	124	362	375	380	372	200	91

Badany reflektor spełnia wymagania regulaminu 87, a potwierdzeniem tego są wyniki pomiarów dla poszczególnych kątów wiązki świetlnej [cd] przedstawione w tabeli 4.

Porównywania właściwości świetlnych diody i konwencjonalnej żarówki samochodowej można dokonać można w wielu aspektach:

- aspekt ekologiczny,

Zakładając, że roczny przebieg pojazdu wynosi 15 000 km, 4/5 czasu jazdy odbywa się w dzień, średnia prędkość poruszania się 60 km/h, otrzymuje się dodatkowy czas używania świateł mijania wynoszący 200 godzin i dodatkową energię 22 kWh. Przy ciepłe spalania benzyny wynoszącym 500 MJ/kg (13,9 kWh/kg) zużyta energia odpowiada 6,3 kg benzyny, czyli ok. 8,5 dm³. Przeciętny użytkownik samochodu, przy koszcie benzyny wynoszącym 5,5 zł/dm³, poniesie rocznie dodatkowe koszty benzyny wynoszące tylko 46 zł. Nawet przy zwiększeniu zakładanego dodatkowego czasu używania świateł mijania (np. przy ruchu w zatłoczonym mieście), doliczeniu kosztów używania świateł pozycyjnych, które również muszą się świecić i kosztów żarówek, które muszą być częściej wymieniane, dodatkowe koszty wyniosą 100÷200 zł rocznie.

- trwałość,

Diody LED zdecydowanie wyróżniają się spośród pozostałych źródeł światła długością życia. Określa się ją jako 50 tys. godzin pracy, która określa średni czas, po którym dioda LED przestanie świecić. Prognozuje się, że w przyszłości wielkość emitowanego strumienia świetlnego z jednego chipu LED wyniesie 1500 lm przy sprawności 150÷200 lm/W. Żarówka halogenowa H4 ma tylko 18 lm/W.

- sprawność świetlna,

Technologia diod LED umożliwia wykonywanie emiterów o szerokim zakresie wartości strumienia świetlnego. Od pojedynczych mili lumenów po setki lumenów emitowanych przez

pojedynczy chip. Oczywiście wraz ze wzrostem wartości strumienia świetlnego rosną wymagania, co do technologii produkcji, wymiarów struktury półprzewodnikowej diody oraz dostarczanej do niej odpowiedniej ilości mocy.

– wytrzymałość mechaniczna.

Diody LED są bardzo wytrzymałe mechanicznie na uderzenia, wstrząsy, wibracje oraz oddziaływanie otoczenia – wysokie i niskie temperatury. Dzięki temu diody LED mogą być stosowane tam, gdzie do tej pory instalacja oświetlenia była niemożliwa lub znacznie utrudniona. Oprawy oświetleniowe z diodami LED nie wymagają specjalnych zabezpieczeń, gdyż mają nieporównywalnie większą wytrzymałość mechaniczną niż lampy żarowe.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyliczenia wskazują, że w porównaniu z rocznymi kosztami użytkowania pojazdu koszt dodatkowego używania świateł mijania jest niewielki. W skali gospodarki narodowej, w której na koniec 2011 roku zarejestrowanych było ok. 14,6 mln samochodów osobowych, i w której rocznie przybywa ponad 1 mln pojazdów, ilość spalanej dodatkowo benzyny wyniesie ponad 100 mln litrów. Pomijając dodatkowy koszt benzyny wynoszący rocznie ok. 500 mln złotych, to w takim stopniu wzrośnie również zanieczyszczenie powietrza.

Diody LED w porównaniu z klasycznymi źródłami światła mają bardzo niewielkie rozmiary. Od ledwie dających się zauważyć gołym okiem diod typu SMD stosowanych w telefonach komórkowych po diody na radiatorach o średnicy kilku centymetrów. Wszystkie jednak zapewniają projektantom opraw oświetleniowych nieosiągalną do tej pory dowolność i elastyczność przy projektowaniu opraw. Lampy z diodami LED są przez to mniejsze, lżejsze i prostsze w budowie.

Od poprzednich generacji źródeł światła różnią się diody LED bardzo krótkim czasem włączenia i wyłączenia. Czas włączenia diod LED nie przekracza 100 ns, a czas wyłączenia 200 ns. W porównaniu z żarówkami są to czasy 2 miliony razy krótsze! Typowa żarówka osiąga 90% swej światłości po czasie 200 ms. Czasy włączenia lamp fluoroscencyjnych i wyładowczych są jeszcze dłuższe i czasem sięgają nawet kilku minut (np. uliczne lampy sodowe i rtęciowe).

BIBLIOGRAFIA

1. Chwaleba A., Moeschke B., Płoszajski G., Elektronika; WSiP 1998r.
2. PN-90/E-01005 - *Technika Świetlna*
3. Bogdański J. R., *Oświetlenie pojazdów*, Poradnik Motoryzacyjny nr 3/2008
4. Mazur J., Żagan W., *Samochodowa technika świetlna*, OWPW 1997r
5. E/ECE/324/ECE/TRANS/505 - Rev.2/Add.112/Rev.1 - Regulation No. 113
6. E/ECE/324/ECE/TRANS/505 - Rev.2/Add.112 - Regulation No. 123
7. Łukasik M., *Regulaminy homologacyjne*, Instytut Transportu Samochodowego 2008
8. Chrzanowicz M., Mazur j., *Symulacyjna analiza jakości oświetlenia samochodowego*, Przegląd Elektryczny nr 7-8/2004

LED LIGHTS COMPARISON AGAINST CONVENTIONAL LIGHTS USED IN RECENTLY PRODUCED CARS

Abstract

A comparative analysis of semiconductor light sources "LED" with the conventional car lights is showed in this paper. Analysis of influence of design parameters on the illumination value is showed together with verification of exhaust emissions. The analysis is performed using Valeo manufacturer reflector and Cadillac manufacturer reflector. A experimental comparison is made and showed in the paper.

Autor:

dr inż. **Sebastian Różowicz** – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach