

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TK12022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Analiza materiałowa optycznie aktywnej powierzchni odbłyśnika oprawy oświetleniowej o zmiennej bryle fotometrycznej

Marcin Leško¹

¹Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, Politechnika Rzeszowska
email: mlesko@prz.edu.pl

STRESZCZENIE: Oprawa oświetleniowa o zmiennej bryle fotometrycznej może znaleźć zastosowanie w obiektach, gdzie występuje potrzeba częstej zmiany warunków oświetleniowych. Rozwiązanie to opiera się na wykorzystaniu układu świetlnooptycznego z ruchomymi odbłyśnikami. Odbłyśnik jest kluczowym elementem formującym rozsył strumienia świetlnego w przestrzeni. Jedną z istotnych cech odbłyśnika decydujących o możliwości uzyskania pożądanego rozsyłu jest jego powierzchnia aktywna. Celem badań jest analiza wpływu właściwości odbiciowych materiałów stosowanych do wytwarzania odbłyśników na możliwość uzyskania odpowiednich cech rozsyłu strumienia świetlnego oraz ocena możliwości zastosowania konkretnych materiałów w układzie o zmiennym rozsyłe strumienia świetlnego. Analiza została przeprowadzona w oparciu o autorski model oprawy oświetleniowej o zmiennym rozsyłe strumienia świetlnego. Posłużył on do wyznaczenia krzywych rozsyłu światłości dla różnych wariantów odbłyśnika uwzględniających jego właściwości odbiciowe. Uzyskane wyniki wskazują na ograniczoną przydatność materiałów rozpraszających w sytuacji, gdy głównym celem jest uzyskanie dużego zakresu regulacji rozsyłu oraz ograniczoną przydatność materiałów lustrzanych, gdy konieczne jest zapewnienie wyrównanego rozsyłu.

SŁOWA KLUCZOWE: oprawa oświetleniowa, zmienny rozsył strumienia świetlnego, właściwości odbiciowe, odbłyśnik

1. Wstęp

Rzeczywisty rozwój sprzętu oświetleniowego odbywa się w obszarach takich, jak poprawa skuteczności świetlnej czy warunków termicznych opraw oświetleniowych [1-3]. Inną ścieżką rozwoju jest możliwość formowania zmiennego rozsyłu strumienia świetlnego [4].

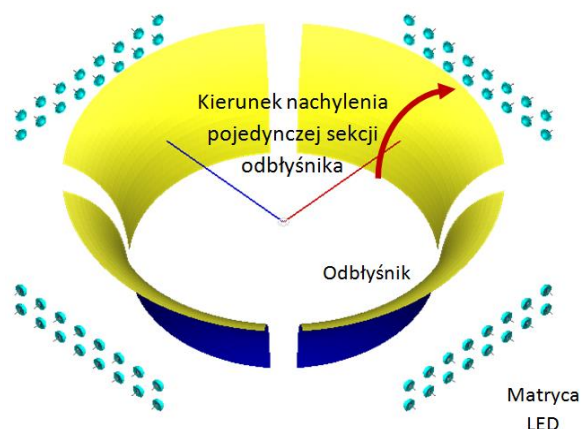
Odbłyśnik jest elementem formującym rozsył strumienia świetlnego w modelowanej oprawie oświetleniowej. Kształt profilu skupiającego decyduje o kierunku odbicia promieni wychodzących ze źródła światła. Z kolei o stopniu skupienia promieni odbitych od powierzchni decydują właściwości odbiciowe materiału. Wyróżnia się trzy typy odbicia: kierunkowe, rozproszone i kierunkowo-rozproszone. Kształt profilu musi być skorelowany z charakterystyką odbiciową materiału.

Głównym celem badań jest analiza przydatności materiałów o różnych właściwościach odbiciowych do zastosowania w układzie optycznym o zmiennej bryle fotometrycznej oraz ocena możliwości uzyskania określonych cech rozsyłu strumienia świetlnego.

2. Opis układu i metodologia badań

Obiektem badań jest oprawa oświetleniowa o zmiennej bryle fotometrycznej [4-5], która powinna umożliwiać formowanie rozsyłu strumienia świetlnego obrotowo-symetrycznego, o dwóch osiach symetrii oraz rozsyłu asymetrycznego. Ze względu na formowanie bryły fotometrycznej obrotowo-symetrycznej układ świetlnooptyczny jest zbudowany na planie okręgu. Możliwość przekształcenia bryły fotometrycznej w symetryczną i asymetryczną wymaga natomiast wydzielenia kilku

niezależnie sterowanych sekcji układu świetlnooptycznego. W przedstawionej dalej analizie przyjęto założenie, że położenie oraz strumień świetlny źródła światła są niezmiennie, natomiast modyfikacja bryły fotometrycznej jest realizowana wyłącznie przez zmianę położenia odbłyśnika. Jego sekcje są nachylane wokół osi przy podstawie danego segmentu (jak pokazano na rys. 1) w kierunku źródeł światła.



Rys. 1. Układ świetlnooptyczny oprawy oświetleniowej o zmiennej bryle fotometrycznej

Badania prowadzono w oparciu o odbłyśnik o profilu parabolicznym jednokrzywiznowym. Zakładane kąty odbicia promieni wychodzących ze środka źródła światła wynoszą od 0° dla górnego końca profilu do 60° dla dolnego końca, licząc od osi optycznej układu. Wartości

odpowiadają przyjętym kątom rozsyłu strumienia świetlnego w wariacie szerokim, przy bazowym nachyleniu odbłyśnika równym 0°. Wariant wąski jest uzyskiwany przy nachyleniu odbłyśnika pod kątem 20°. Kształt odbłyśnika w trakcie badań pozostawał niezmienny, kolejne wyniki krzywych rozsyłu światłości uzyskiwano przez zmianę charakterystyki optycznie aktywnej powierzchni odbłyśnika, wynikające z właściwości zastosoanego materiału [6-8].

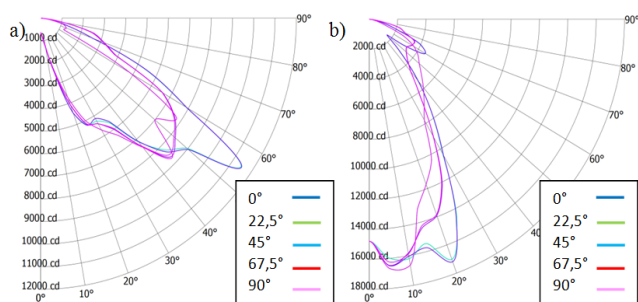
Model układu świetlno-optycznego oraz jego symulację wykonano w oprogramowaniu Photopia [9]. W toku badań wyznaczano krzywe rozsyłu światłości dla różnych wariantów układu o zdefiniowanych właściwościach optycznych odbłyśnika. Analizę wyników prowadzono w oparciu o kształt uzyskanych krzywych światłości oraz charakterystyczne parametry (światłość maksymalna i osiowa, kąt rozsyłu).

W toku badań przeprowadzone zostały symulacje z materiałami o powierzchni lustrzanej (zapewniającej odbicie kierunkowe oraz duże wzmocnienie światłości) oraz powierzchni rozpraszającej. Analiza obejmowała charakterystyczne materiały o różnych strukturach i właściwościach rozpraszających powierzchni, w różnym stopniu wpływające na uzyskiwany rozsył strumienia świetlnego.

Kolejnym etapem była analiza materiałów o powierzchni zapewniającej odbicie kierunkowo-rozproszone. Analizowano zastosowanie materiałów o różnym poziomie zmatowienia powierzchni, co wpływa na stopień rozproszenia promieniowania odbitego. Podobne właściwości zapewniają materiały o powierzchni lustrzanej z tłoczoną makrostrukturą rozpraszającą, o zróżnicowanej strukturze wklęsłej lub wypukłej, w kształcie plastra miodu, okrągłym lub nieregularnym, o średnicy elementu rzędu 5-7 mm i głębokości 1,5-2,0 mm.

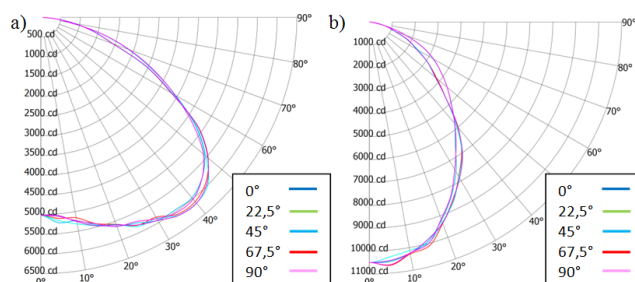
3. Wyniki symulacji i ich analiza

Wybrane wyniki analizy krzywych światłości dla dwóch skrajnych rozsyłów (nachylenie odbłyśnika 0° i 20°) oprawy z odbłyśnikiem o powierzchni lustrzanej przedstawiono na rys. 2. Przy rozsyłach szerokim i małych kątach γ światłość osiąga małe wartości, co może prowadzić do powstania ciemnej strefy bezpośrednio pod oprawą i problemów z uzyskaniem równomiernego rozkładu natężenia oświetlenia na oświetlanej płaszczyźnie. Drugą obserwowaną wadą jest brak symetrii obrotowej rozsyłu strumienia świetlnego, widoczny w wariacie szerokim i wąskim. Problemy te wynikają głównie z kierunkowego charakteru odbicia materiału.



Rys. 2. Krzywe rozsyłu światłości oprawy przy zastosowaniu odbłyśnika o powierzchni lustrzanej: a) rozsył szeroki, b) rozsył wąski

Zastosowanie materiałów rozpraszających pozwala w znacznym stopniu wygładzić krzywe światłości. Wadą tej konfiguracji jest zbyt małe ukierunkowanie odbicia, a przez to brak możliwości zapewnienia wystarczającej sterowalności rozsyłem strumienia świetlnego. Rozsył w wariacie wąskim jest niedostatecznie skupiony (rys. 3).



Rys. 3. Krzywe rozsyłu światłości oprawy przy zastosowaniu odbłyśnika o powierzchni rozpraszającej R1: a) rozsył szeroki, b) rozsył wąski

4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonej analizy optycznie aktywnej powierzchni odbłyśnika oprawy oświetleniowej o zmiennej bryle fotometrycznej wskazują, że:

- 1) przydatność materiałów o powierzchni lustrzanej do wykorzystania w układach o stosunkowo dużych kątach rozwarcia wiązki świetlnej jest ograniczona,
- 2) materiały o powierzchni rozpraszającej nie są właściwe do zastosowania w analizowanym układzie optycznym o zmiennym rozsyłach strumienia świetlnego,
- 3) materiały zapewniające odbicie kierunkowo-rozproszone nie są odpowiednie do zastosowania w analizowanym układzie optycznym. Stopień rozpraszania światła odbitego jest zbyt duży, przez co niemożliwe jest zapewnienie wymaganej sterowalności rozsyłem strumienia świetlnego,
- 4) najkorzystniejsze efekty w badanym układzie daje zastosowanie materiału o powierzchni lustrzanej z makrostrukturą rozpraszającą. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie zarówno sterowalności kierunkiem wypromieniowania światła, jak i jego równomiernego rozkładu na płaszczyźnie roboczej.

Literatura

- [1] Barbosa J.L.F., Calixto W.P., Simon D.: *High power LED luminaire design optimization*. Proceedings of the IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering, Florence, Italy, 7-10 June 2016, pp. 1-6.
- [2] Barbosa J.L.F., Simon D., Calixto W.P.: *Design Optimization of a High Power LED Matrix Luminaire*. Energies, 2017, 10, 639.
- [3] Barroso A., Dupuis P., Alonso C., Jammes B., Seguier L., Zissis G.: *A characterization framework to optimize LED luminaire's luminous efficacy*. Proceedings of the 2015 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Addison, TX, USA, 18-22 October 2015, pp. 905-913.
- [4] Leško M., Baran K., Wachta H., Różowicz A.: *A Concept of an Adaptive Luminaire with Variable Luminous Intensity Distribution*. Proceedings of the VII Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), Trebic, Czech Republic, 18-20 September 2018, pp. 1-4.
- [5] Leško M., Różowicz A., Wachta H., Różowicz S.: *Adaptive Luminaire with Variable Luminous Intensity Distribution*. Energies, 2020, 13, 721.
- [6] ACA Corp: <https://acacorp.com/lighting/>
- [7] Alanod: <https://alanod-westlake.com/products/>
- [8] Almeco Group: <https://almecogroup.com/en/pages/377-reflecting-surfaces-for-lighting>.
- [9] Photopia: <https://www.ltioptics.com/en/index.html>.