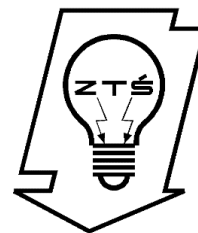
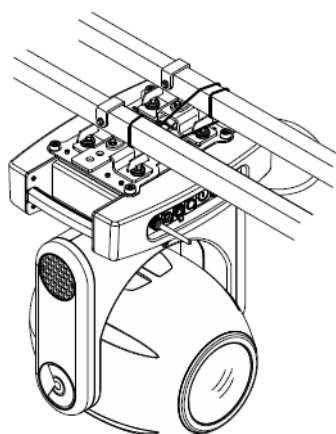
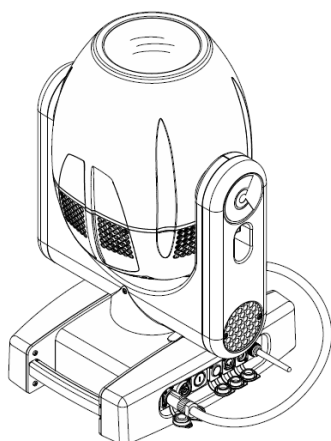


## Ćw. 4. Identyfikacja parametrów technicznych dynamicznych opraw oświetleniowych typu "ruchoma głowa"

Opracował: dr inż. Sebastian Słomiński



ZAKŁAD TECHNIKI  
ŚWIETLNEJ



### 1. Wprowadzenie teoretyczne

Typowe oprawy oświetleniowe, wykorzystywane w gałęzi techniki światlnej, którą stanowi technika multimedialna można podzielić na grupy:

- reflektory, projektory oraz oprawy oświetleniowe z hybrydowym układem optycznym,
- oprawy oświetleniowe o symetrycznej, asymetrycznej i niesymetrycznej bryle fotometrycznej światłości,
- projektory jednosoczewkowe,
- projektory wielosoczewkowe (profilowe, profilowe z regulowanym kątem świecenia, prowadzące),
- oprawy oświetleniowe typu Beam,
- oprawy oświetleniowe typu PAR.

Każda z wymienionych powyżej grup, charakteryzuje się pewnymi cechami, które albo są dla niej unikatowe albo realizowane są przez inną grupę w bardzo ograniczonym zakresie.

Rewolucja źródeł światła, która obecnie odciska swoje piętno na całej technice światlnej związana jest bezpośrednio z rozwojem diod elektroluminescencyjnych (LED). Z tego powodu nowoczesne konstrukcje opraw oświetleniowych charakteryzują się nieco innym podziałem, wynikającym z budowy i specyfiki nowoczesnych źródeł światła. Zdecydowana większość urządzeń opiera się na wykorzystaniu LED. Wysokoluminancyjne diody

elektroluminescencyjne, które funkcjonują w zdecydowanej większości nowoczesnych opraw oświetleniowych do oświetlenia ogólnego, dróg, w motoryzacji, etc. są źródłami światła, które wysyłają strumień świetlny w jedną półprzestrzeń. Przyczynia się to do ograniczenia liczby rozwiązań reflektorów z odbłyśnikiem na rzecz projektorów z układami kolimatorowymi i soczewkowymi. Podobne konstrukcje zdominowały ofertę najnowocześniejszych opraw oświetleniowych, typu „ruchoma głowa” (ang. LED Moving Head). Cechą charakterystyczną opraw oświetleniowych tego typu jest możliwość zmiany kierunku świecenia w dwóch płaszczyznach, określanych jako „Tilt” i „Pan”, nawet z 16/18-bitową precyzją ustawienia. Dodatkowo istnieje możliwość zawężania i rozszerzania wiązki świetlnej (opcja „Zoom”), zmiany barwy światła, możliwość wyświetlania wzorów „GOBO” i wiele innych. Wiodące na świecie firmy, produkujące obecnie oprawy oświetleniowe tego typu to Robe[1] i Clay paky [2]. Nowoczesne, dynamiczne oprawy oświetleniowe oświetlenia teatralnego i scenicznego typu „ruchoma głowa” mogą zostać podzielone na następujące grupy:

- spot,
- beam,
- wash,
- profil,
- projektor.

W nowoczesnych wariantach, każda z pozycji, należących do wymienionych grup posiada systemy płynnej zmiany barwy światła oraz temperatury barwowej, które realizowane są na 2 sposoby. W wariacie wielobarwnym (RGB, RGBW, RGBAL, etc.), posiadają regulację barwy poprzez mieszanie poszczególnych składowych barwnych zastosowanych diod, w zakresie promieniowania widzialnego (380-780 nm). Drugą z wymienionych grup stanowią urządzenia z diodami elektroluminescencyjnymi, emitującymi światło białe. Wyposażane są one w systemy filtrów barwnych, pozwalających na ograniczanie w widmie poszczególnych składowych, w celu uzyskania optymalizacji parametrów barwowych oraz poprawienia wskaźnika oddawania barw.

### *1.1. Spot*

Podstawowa grupa dynamicznych opraw oświetleniowych, obejmująca urządzenia o dużych wartościach strumienia świetlnego. Poszczególne urządzenia często pozbawione są regulacji rozbieżności „Zoom”. Charakteryzują się wąskim rozsyłem światłości, o kącie użytecznym rozbieżności wiązki świetlnej w zakresie 5 – 30 stopni. Urządzenia służą do uzyskiwania efektów atmosferycznych oraz projekcji efektów typu „GOBO”.

### *1.2. Beam*

Urządzenia o bardzo specyficznej konstrukcji układu optycznego. Charakteryzują się bardzo wąskim kątem rozbieżności wiązki świetlnej i wartościami w zakresie od 0,5 do 4 stopni. Dzięki temu generują bardzo duże wartości wzmocnienia światłości źródeł światła (nawet to 5000 razy). Osiowa światłość takich urządzeń bez trudu znacząco przekracza 0,5 miliona cd. Zarejestrowane światłości dla urządzeń tego typu przekraczają nawet 2 miliony cd. Dzięki temu wiązka światła opuszczająca oprawę oświetleniową jest bardzo dobrze widziana w powietrzu. W przypadku urządzeń tej konstrukcji, parametry jakościowe światła mają znacznie mniejszą wagę od parametrów ilościowych.

### 1.3. Wash

Urządzenia typu Wash są konstruowane do „zalania” przestrzeni białym lub barwnym światłem. Występują w 2 podstawowych wariantach. Z białą diodą i filtrami barwnymi, w których barwa uzyskiwana jest poprzez addytywne mieszanie barw składowych. Drugi wariant obejmuje konstrukcje barwnych LED, w których poprzez subtraktywne mieszanie barw podstawowych (RGB, czasem z dodatkową składową amber, miętową, lawendową, żółtą, etc.) uzyskiwane są barwy finalne. Urządzenia często posiadają tryb o podwyższonej wartości wskaźnika oddawania barw (high CRI), dedykowany współpracy m.in. z kamerami.

### 1.4. Profil

Urządzenia profilowe, są najbardziej zaawansowanymi, tzw. urządzeniami inteligentnymi, wyposażonymi w wielosoczewkową optykę pozwalającą na uzyskiwanie spektakularnych efektów atmosferycznych. Dodatkowo umożliwiają wyświetlanie różnych, zaimplementowanych w konstrukcji opraw, obrazów na ekranie.

Urządzenia typu Profil wyposażone są w noże kadrujące. Z tego powodu światło opuszczające oprawę oświetleniową powinno posiadać bardzo wysoką równomierność. Istotna jest minimalna różnica punktu ostrości dla wszystkich noży kadrujących, znajdujących się w urządzeniu oraz brak rozszczepienia barwnego wiązki na krawędziach plamy świetlnej oraz na krawędziach noży kadrujących.

### 1.5. Urządzenia hybrydowe

Coraz częściej na rynku pojawiają się urządzenia hybrydowe, które łączą w sobie funkcje ruchomych głów różnych kategorii. W takim przypadku, w żadnym zakresie nie zostaje osiągnięty rozsył idealny, ale z powodu dużej uniwersalności oraz generowania bardzo dużych wartości światłości, przekraczających w osi nawet  $10^6$  cd, oferują możliwość uzyskania spektakularnych efektów.

Podstawowy podział funkcjonalny obejmujący konstrukcje tradycyjnych opraw oświetleniowych oraz nowoczesnych, LED-owych opraw dynamicznych typu „ruchome głowy” przedstawiony zostanie w rozdziale 2.

Należy zwrócić uwagę, iż w okolicy roku 2019 zaczęły pojawiać się dodatkowe tryby pracy źródeł światła, które wbudowane są w tzw. „LED engine”, które umożliwiają pracę z regulowanymi częstotliwościami sterownika PWM. Typowo są to wartości 300Hz, 600Hz, 1.2kHz oraz 2.4kHz, chociaż zdarzają się konstrukcje pracujące z wyższymi częstotliwościami. Spowodowane jest to ograniczeniem migotania światła podczas rejestracji obrazu z wykorzystaniem nowoczesnych kamer cyfrowych.

## 2. Podział tradycyjnych i LED-owych opraw oświetleniowych, stosowanych w technice multimedialnej z uwzględnieniem parametrów optyki

### 2.1. Reflektory, projektory oraz oprawy oświetleniowe z hybrydowym układem optycznym

Reflektory są rodziną opraw oświetleniowych, w których bryła fotometryczna kształtowana jest przy wykorzystaniu zjawiska odbicia światła. Odbywa się to przy wykorzystaniu odpowiednio ukształtowanego odbłyśnika zwierciadlanego, o mikrostrukturze lub makrostrukturze rozpraszającej. Wersje opraw oświetleniowych z odbłyśnikami

zwierciadlanymi posiadają bardzo duże wartości wzmocnienia światłości źródła światła w określonych kierunkach w przestrzeni ( $\times 200 - \times 500$  i więcej). Położenie źródła światła wewnątrz układu optycznego odpowiada za kształt bryły fotometrycznej oraz wartość wzmocnienia światłości w określonych kierunkach [3]. W technice świetlnej można przeprowadzić podział odbłyśników na następujące grupy:

a) odbłyśniki kształtujące bryłę fotometryczną światłości z wykorzystaniem krzywych stożkowych (paraboli, elipsy oraz hiperboli).

- Odbłyśnik paraboliczny ze źródłem światła położonym w ognisku paraboli, generuje wiązkę o niewielkiej, najczęściej kilkustopniowej rozbieżności użytecznej. Rozbieżność ta wynika bezpośrednio z proporcji wymiarów źródła światła do wymiarów układu optycznego.
- Odbłyśnik paraboliczny ze źródłem światła wysuniętym z ogniska w kierunku wierzchołka paraboli, generuje wiązkę rozbieżną.
- Odbłyśnik paraboliczny ze źródłem światła wysuniętym z ogniska w kierunku otworu wyjściowego odbłyśnika, generuje wiązkę zbieżną.

b) odbłyśniki facetkowe, które składają się z szeregu monotonicznie połączonych ze sobą niewielkich powierzchni, czasem opartych na wykorzystaniu krzywych stożkowych, w celu kształtowania kierunku poszczególnych wiązek świetlnych składających się na finalną bryłę fotometryczną oprawy oświetleniowej.

c) najbardziej zaawansowane odbłyśniki projektowane metodą free-formingu. Geometria takich odbłyśników projektowana jest pod kątem realizacji dowolnego, zakładanego rozsyłu światłości, z wykorzystaniem prawa odbicia zwierciadlanego. Procedura projektowa może opierać się na wykorzystaniu metod graficznych, matematycznych lub hybrydowych. Odbłyśniki tego typu mogą posiadać symetrię obrotową, płaszczyznową, asymetrię lub niesymetrię układu optycznego oraz bryły fotometrycznej.

Biorąc pod uwagę strukturę materiałową powierzchni reflektora, można wprowadzić dodatkowy podział:

a) odbłyśniki o mikrostrukturze rozpraszającej. Struktura tych układów optycznych jest „matowa”. Stopień zmatowienia odpowiada za rozproszenie światła odbitego od ich powierzchni. Większość rozwiązań rynkowych realizuje kierunkowo-rozpraszający charakter odbicia, w którym dominuje składowa kierunkowa. Składowa rozproszona odpowiedzialna jest za pewne „zmiękczenie” bryły fotometrycznej. Luminancja rejestrowana na powierzchni takich odbłyśników jest o co najmniej rząd wielkości mniejsza, niż w przypadku odbłyśników zwierciadlanych. Im większy jest stopień zmatowienia odbłyśnika, tym niższa jest luminancja, która na skutek wielokrotnych odbić rozproszonych uśrednia się na całej powierzchni odbłyśnika.

b) odbłyśniki zwierciadlane, których podstawową cechą jest gładko wypolerowane lustro. W przypadku tego typu rozwiązań, możliwe jest uzyskanie bardzo dużych, kilkusetkrotnych wartości wzmocnienia światłości źródła światła (typowo  $\times 200$  –  $\times 500$ ). Układy tego typu charakteryzują również bardzo duże wartości luminancji na całej powierzchni odbłyśnika, których wartość wynika z iloczynu luminancji źródła światła oraz wartości współczynnika odbicia zwierciadła [3, 4].

c) odbłyśniki o makrostrukturze rozpraszającej. Cechą charakterystyczną jest zwierciadłana powierzchnia odbłyśnika, która może przypominać strukturę „młotkowaną” lub „groszkową”. Zwierciadlane elementy rozpraszające światło mogą mieć strukturę wypukłą lub wklęsłą. Wartości lokalnych luminancji [4] uzyskiwanych na powierzchni odbłyśnika odpowiadają wartością typowych odbłyśników zwierciadlanych.

## 2.2. Projektory i układy hybrydowe

Projektory są rodziną opraw oświetleniowych, które zawdzięczają bryłę fotometryczną światłości zjawisku załamania światła. Zależnie od technologii i gabarytów źródeł światła dzielą się na wykorzystujące do kształtowania bryły fotometrycznej pojedyncze, duże soczewki dwuwypukłe, płasko wypukłe, płasko wklęsłe lub dwuwklęsłe – często szklane. Ma to miejsce głównie w przypadku wykorzystania tradycyjnych źródeł światła. W przypadku nowoczesnych opraw oświetleniowych LED, najczęściej mamy do czynienia z konstrukcją wieloźródłową z układami kolimatorów posadowionych w bezpośredniej bliskości źródeł światła. Zadaniem tych układów optycznych jest zebranie strumienia świetlnego z całej półprzestrzeni oraz ukształtowanie finalnej bryły fotometrycznej z wykorzystaniem zjawisk załamania oraz całkowitego wewnętrznego odbicia światła. Najczęściej wykorzystywanymi materiałami, z których wykonuje się soczewki są: Poliwęglan (PC), Polimetakrylan metylu (PMMA) oraz silikony optyczne. Istnieje również grupa opraw oświetleniowych z hybrydowym układem optycznym, w których konstrukcji występują zarówno odbłyśnik, jak i soczewki.

## 3. Podstawowe wielkości oraz definicje niezbędne do prawidłowej realizacji ćwiczenia

W celu prawidłowej realizacji cyklu pomiarowego niezbędne jest przyswojenie wybranych definicji.

### 3.1. Światłość

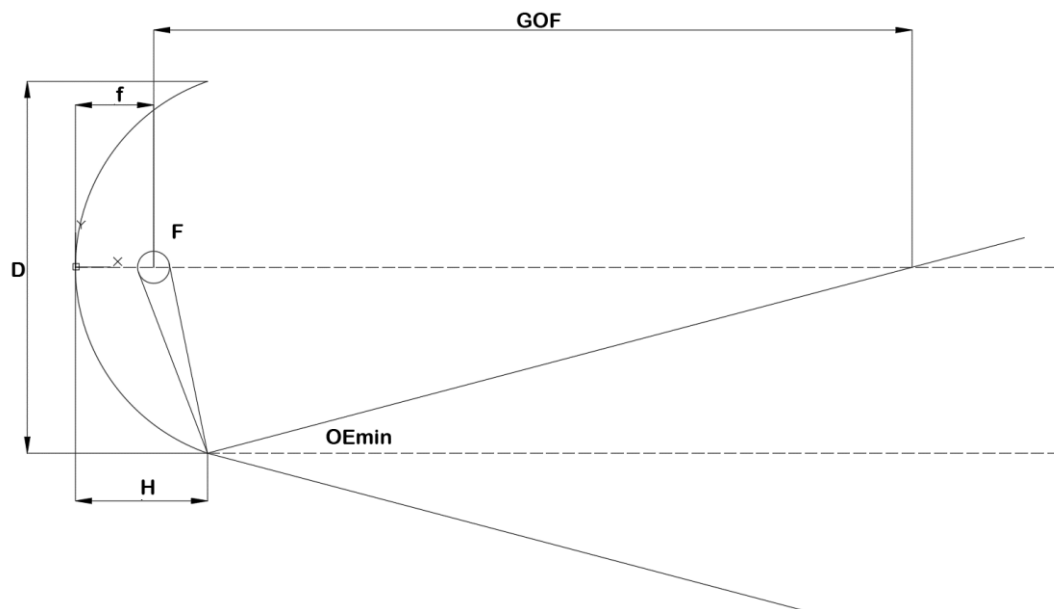
Światłością w danym kierunku  $I(C, \gamma)$  punktowego źródła światła lub elementu powierzchni nie punktowego źródła światła nazywa się iloraz elementarnego strumienia świetlnego  $d\Phi$  wypromieniowanego we wnętrzu nieskończenie małego stożka obejmującego dany kierunek, oraz kąta bryłowego  $d\omega$  tego stożka [5]

$$I(C, \gamma) = \frac{d\Phi}{d\omega} [cd] \quad (1)$$

Światłość można zmierzyć np. przy użyciu ławy fotometrycznej lub systemu goniometrycznego przy wykorzystaniu kierunkowych wzorców światłości lub ogniwa podłączonego do luksomierza po wyznaczeniu lub uwzględnieniu wartości granicznej odległości fotometrowania.

### 3.2. Graniczna odległość fotometrowania

Graniczna odległość fotometrowania (GOF) jest to taka odległość liczona od środka świetlnego oprawy oświetleniowej w kierunku osi optycznej, począwszy od której każdy punkt położony na osi jest obejmowany (oświetlany) przez każde odbicie elementarne bryły źródła światła (rys. 1). Po przekroczeniu GOF, źródło światła lub oprawę oświetleniową można traktować jako punkt. Ma wtedy zastosowanie prawo odwrotności kwadratu odległości.



Rys. 1. Ilustracja granicznej odległości fotometrowania reflektorów zwierciadlanych jako funkcja najmniejszego odbicia elementarnego

### 3.3. Prawo odwrotności kwadratu odległości

Natężenie oświetlenia jest wprost proporcjonalne do światłości w kierunku danego punktu i odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości tego punktu od źródła światła: gdy odległość między źródłem światła a oświetlanym punktem rośnie, natężenie oświetlenia w tym punkcie maleje tyle razy, ile razy kwadrat nowej odległości jest większy od kwadratu starej odległości [6].

$$E = \frac{I d\omega}{dS} = \frac{I}{dS} \frac{dS}{r^2} = \frac{I}{r^2} [lx] \quad (2)$$

Podsumowując, w przypadku pomiarów światłości niezbędne jest takie dobranie minimalnej odległości pomiarowej, dla której świecąca powierzchnię źródła światła można traktować jako punkt. Poza pewnymi specyficznymi konstrukcjami układów optycznych opraw oświetleniowych (np. oprawy o rozsyłe lambertowskim, oprawy ze zwierciadlanymi odbłyśnikami z tworzącą w kształcie paraboli), nie istnieją zależności matematyczne pozwalające na obliczenie wartości GOF. Z tego powodu przed przystąpieniem do cyklu pomiarowego, po ustawieniu właściwych relacji geometrycznych dla danego układu współrzędnych, należy graniczną odległość fotometrowania wyznaczyć eksperymentalnie.

#### 4. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zaprogramowanie właściwych kanałów DMX badanych opraw oświetleniowych, wyznaczenie eksperymentalne GOF dla każdej badanej oprawy indywidualnie oraz pomiar światłości i rozkładów widmowych dla punktów charakterystycznych, dla których światłość wynosi kolejno:  $I_{\max}$ ; 0,9  $I_{\max}$ ; 0,5  $I_{\max}$ ; 0,1  $I_{\max}$ ; 0,01  $I_{\max}$ .

##### 4.1. Programowanie kanałów DMX opraw oświetleniowych oraz połączenie konsoli sterującej

W początkowej fazie ćwiczenia należy z pomocą prowadzącego ustalić sposób wyboru kanału DMX, charakterystycznego dla danej, badanej oprawy oświetleniowej. Procedura wykonywana jest przy wykorzystaniu menu, wyświetlacza i przycisków wbudowanych w oprawę oświetleniową. Pierwsza z badanych opraw oświetleniowych powinna mieć numer kanału ustawiony na 10, kolejne urządzenia powinny mieć adres większy o 5 od poprzedniej (10, 15, 20, 25, etc.).

Po ustawieniu adresu DMX opraw oświetleniowych, należy dodać je wraz ze stosownymi bibliotekami, dostarczonymi przez prowadzącego ćwiczenie do konsoli sterującej.

##### 4.2. Wyznaczenie GOF dla badanych opraw oświetleniowych

Pierwszym krokiem jest wyznaczenie GOF dla każdej z badanych opraw oświetleniowych. W tym celu należy wyznaczyć kierunek zgodny z osią optyczną opraw oświetleniowych oraz przy wykorzystaniu luksomierza zmierzyć i zanotować wartości natężenia oświetlenia oraz precyzyjną odległość zgodnie z tabelą 1. W kolejnym kroku należy zanotowane wartości wykorzystać do obliczenia światłości, przy pomocy prawa odwrotności kwadratu odległości. Następnie należy wykreślić charakterystykę:

$$I[cd] = f(r[m])$$

Z wykresu należy odczytać odległość, od której wartość światłości ulega stabilizacji, a odczytaną wartość zanotować w tabeli.

Tabela 1. Eksperymentalne wyznaczenie granicznej odległości fotometrowania.

<b>Wyznaczenie GOF</b>						
<b>Oprawa oświetleniowa 1</b>						
.....						
(nazwa)						
<i>Odl. pomiarowa</i>	1	2	3	(...)	7	8
r [m]						
E [lx]						
I [cd]						
<b>GOF [m]</b>						

4.3. *Pomiar wartości światłości oraz wyznaczenie kluczowych kierunków w przestrzeni*

Po wyznaczeniu granicznej odległości fotometrowania należy ustawić ogniwo tak, aby mieć pewność, iż znajduje się ono dalej, niż minimalna odległość, wynikająca z wykresu sporządzonego do tabeli 1.

Należy wykonać pomiar światłości osiowej (światłość maksymalna) oraz wyznaczyć i zanotować kierunki, dla których uzyskuje się kolejno:  $I_{max}$ ;  $0,9 I_{max}$ ;  $0,5 I_{max}$ ;  $0,1 I_{max}$ ;  $0,01 I_{max}$ ; posługując się tabelą 2.

Tabela 2. Wyznaczenie kierunków dla kolejnych wartości światłości w obrębie plamy świetlnej

Wyznaczenie charakterystycznych kierunków dla $I$ [cd]						
Oprawa oświetleniowa 1						
.....						
(nazwa)						
Odl. pomiarowa						
	$I_{max}$	$0,9 I_{max}$	$0,5 I_{max}$	$0,1 I_{max}$	$0,01 I_{max}$	
Tilt						
Pan						
E [lx]						
I [cd]						

4.4. *Pomiar rozkładów widmowych mocy promieniowania dla kluczowych kierunków w przestrzeni*

Dla tej samej odległości, dla której wykonywano pomiar światłości w punkcie 4.3, należy wykonać pomiar rozkładów widmowych mocy promieniowania dla każdej z opraw oświetleniowych. W celu wyznaczenia kierunków należy skorzystać z tabeli 2.

**UWAGA:**

*Wstępu teoretycznego do sprawozdania nie należy przygotowywać na podstawie informacji zawartych w tej instrukcji laboratoryjnej.*

**5. Pytania weryfikacyjne**

Podać definicję oraz sposób pomiaru światłości

Światłością w danym kierunku  $I(C, \gamma)$  punktowego źródła światła lub elementu powierzchni nie punktowego źródła światła nazywa się iloraz elementarnego strumienia świetlnego  $d\Phi$  wypromieniowanego we wnętrze nieskończonego małego stożka obejmującego dany kierunek, oraz kąta bryłowego  $d\omega$  tego stożka. Światłość można zmierzyć np. przy użyciu ławy fotometrycznej lub systemu goniometrycznego przy wykorzystaniu kierunkowych wzorców światłości lub ogniwa podłączonego do luksomierza po wyznaczeniu lub uwzględnieniu wartości granicznej odległości fotometrowania.



Co to jest graniczna odległość fotometrowania i jak się ją wyznacza?

Graniczna odległość fotometrowania (GOF) jest to taka odległość liczona od środka świetlnego oprawy oświetleniowej w kierunku osi optycznej, począwszy od której każdy punkt położony na osi jest obejmowany (oświetlany) przez każde odbicie elementarne bryły źródła światła. Po przekroczeniu GOF, źródło światła lub oprawę oświetleniową można traktować jako punkt. Ma wtedy zastosowanie prawo odwrotności kwadratu odległości. GOF wyznacza się poprzez wielokrotny pomiar wartości natężenia oświetlenia w danym kierunku dla kolejno zwiększanej odległości pomiędzy oprawą oświetleniową a ogniwem pomiarowym. Następnie należy obliczyć wartości światłości dla zmienianych odległości pomiarowych (wykorzystując wartości natężenia oświetlenia oraz odległości pomiarowych). GOF będzie wyznaczać odległość, od której nastąpi stabilizacja wartości światłości. Bliżej oprawy oświetleniowej spodziewamy się mniejszych wartości światłości, niż wartości światłości powyżej GOF.

Opisz i krótko scharakteryzuj poszczególne grupy nowoczesnych opraw oświetleniowych typu „ruchoma głowa”

- a) Spot - urządzenia o dużym strumieniu świetlnym, często pozbawione regulacji rozbieżności „Zoom”, charakteryzujące się wąskim rozsyłem światłości, o kącie użytecznym rozbieżności wiązki świetlnej w zakresie 5 – 30 stopni.
- b) Beam - urządzenia o bardzo wąskim kącie rozbieżności wiązki świetlnej (0,5 do 4 stopni). Dzięki temu generują bardzo duże wartości wzmocnienia światłości źródeł światła (x300 – x5000). Osiowa światłość takich urządzeń osiąga nawet 2 000 000 cd.
- c) Profil – urządzenia wyposażone w wielosoczewkową optykę pozwalającą na uzyskiwanie spektakularnych efektów atmosferycznych przy priorytetowych parametrach jakościowych światła opuszczającego oprawę oświetleniową. Dodatkowo umożliwiają wyświetlanie różnych, zaimplementowanych w konstrukcji opraw, obrazów typu „gobo”. Urządzenia typu Profil wyposażone są w noże kadrujące. Z tego powodu światło opuszczające oprawę oświetleniową powinno posiadać bardzo wysoką równomierność.
- d) Wash - urządzenia konstruowane do „zalania” przestrzeni białym lub barwnym światłem. Występują w 2 podstawowych wariantach. Z białą diodą i filtrami CMY, w których barwa uzyskiwana jest poprzez addytywne mieszanie barw składowych. Drugi wariant obejmuje konstrukcje barwnych LED, w których poprzez subtraktywne mieszanie barw podstawowych. Urządzenia często posiadają tryb o podwyższonej wartości wskaźnika oddawania barw (high CRI), dedykowany współpracy m.in. z kamerami.

Opisz i scharakteryzuj cechy opraw z reflektorowym układem optycznym.

Reflektory są rodziną opraw oświetleniowych, które zawdzięczają bryłę fotometryczną światłości zjawisku odbicia światła. Bryła fotometryczna kształtowana jest przy wykorzystaniu odpowiednio ukształtowanego odbłyśnika zwierciadlanego, o mikrostrukturze lub makrostrukturze rozpraszającej. Wersje opraw oświetleniowych z odbłyśnikami zwierciadlanymi posiadają największe wzmocnienie światłości źródła światła w określonych kierunkach w przestrzeni. Jednakże to położenie źródła światła wewnątrz układu optycznego determinuje w głównej mierze kształt bryły fotometrycznej oraz wartość wzmocnienia światłości. W technice świetlnej można przeprowadzić podział odbłyśników na następujące grupy: odbłyśniki kształtujące bryłę fotometryczną światłości z wykorzystaniem krzywych

stożkowych (paraboli, elipsy oraz hiperboli). Mogą one występować w wariacie symetryczno-obrotowym oraz jako odbłyśniki rynnowe.

#### Opisz i scharakteryzuj cechy opraw z projektorowym układem optycznym

Projektory są rodziną opraw oświetleniowych, które zawdzięczają bryłę fotometryczną światłości zjawisku załamania światła. W przypadku nowoczesnych opraw oświetleniowych LED, najczęściej mamy do czynienia z konstrukcją wieloźródłową z układami kolimatorów posadowionych w bezpośredniej bliskości źródeł światła. Zadaniem tych układów optycznych jest zebranie strumienia świetlnego z całej półprzestrzeni oraz ukształtowanie finalnej bryły fotometrycznej z wykorzystaniem zjawisk załamania oraz całkowitego wewnętrznego odbicia światła. Najczęściej wykorzystywanymi materiałami, z których wykonuje się soczewki są: Poliwęglan (PC), Polimetakrylan metylu (PMMA) oraz silikon optyczne.

#### Czym różnią się reflektory od projektorów?

Reflektory zawdzięczają bryłę fotometryczną zjawisku odbicia, projektory zawdzięczają bryłę fotometryczną zjawisku załamania światła.

## **6. Literatura**

- [1] Strona internetowa firmy Robe: [www.robelighting.com](http://www.robelighting.com); dostęp z dnia 05.05.2022
- [2] Strona internetowa firmy Clay Paky: <https://www.claypaky.it/en>; dostęp z dnia 05.05.2022
- [3] S. Słomiński, "Typical Causes of Errors during Measuring Luminance Distributions in Relation to Glare Calculations," 7th Light. Conf. Visegr. Countries, LUMEN V4 2018 - Proc., 2018, doi: 10.1109/LUMENV.2018.8521136.
- [4] S. Słomiński, "Advanced modelling and luminance analysis of LED optical systems," Bull. Polish Acad. Sci. Tech. Sci., vol. 67, no. 6, 2019, doi: 10.24425/bpasts.2019.130886.
- [5] Żagan W., Podstawy Techniki Świetlnej, OWPW, Warszawa, 2005
- [6] Żagan W., Oprawy oświetleniowe. Kształtowanie rozsyłu strumienia świetlnego i rozkładu luminancji, OWPW, Warszawa, 2012