

Pomiary fotometryczne i kolorymetryczne urządzeń sygnalizacji stosowanych na liniach kolejowych

Łukasz JOHN¹

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości badawcze Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa w zakresie pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych kolejowych urządzeń służących między innymi do sygnalizacji na liniach kolejowych. Za ich pomocą przekazuje się nakazy lub polecenia wykonania określonych czynności dotyczących ruchu pociągów (w tym poruszających się na zasadach pociągu: taboru pasażerskiego, taboru specjalnego, pojazdów pomocniczych oddziałujących na urządzenia sterowania ruchem kolejowym), manewrami taboru kolejowego, bezpieczeństwem ruchu, wykonanych w technologii żarowej oraz ledowej (LED). Opisano nowe stanowiska pomiarowe zakupione w ramach projektu RPOWM (Regionalny Programy Operacyjny Województwa Mazowieckiego 2014–2020): „RPMA.01.01.00-14-9845/17-00 Zakup nowoczesnej aparatury badawczo-laboratoryjnej dla Instytutu Kolejnictwa”, jak również przedstawiono wymagania normatywne oraz techniczne Zarządcy Infrastruktury.

Słowa kluczowe: technika świetlna, fotometria, kolorymetria, goniometr

1. Wstęp

Technika świetlna jest dziedziną obejmującą sposoby, oparte na teorii naukowej, wytwarzania, formowania, rozsyłu, mierzenia i stosowania światła, w celu uwidocznienia przedmiotów oraz ich otoczenia. Jest dziedziną o złożonych podstawach wiedzy i rozległym zastosowaniu [18]. Jej teoria opiera się na wiedzy zaczerpniętej z fizyki, chemii i elektrotechniki, w zakresie przede wszystkim zagadnień dotyczących promieniowania, wysokiej próżni, materiałoznawstwa, luminofonów, miernictwa elektrycznego z uwzględnieniem odbiorników fotoelektrycznych. Teoria tej dziedziny opiera się również na wiedzy zaczerpniętej z fizjologii narządu wzrokowego i w istotnym stopniu jest tworzona na podstawie wyników specjalnie pomyślanych i wykonanych eksperymentów. Podstawą takich eksperymentów jest wykorzystanie człowieka w charakterze miernika rejestrującego doświadczenia wynikające z kontaktu ze środowiskiem, w szczególności z promieniowaniem widzialnym.

Podstawowe działy techniki świetlnej są dość zróżnicowane i w praktyce ulegają dalszemu podziałowi. Można do nich zaliczyć:

- źródła światła,
- oprawy oświetleniowe,
- fotometrię,

- kolorymetrię,
- technikę oświetlania.

W dziale techniki świetlnej źródeł światła, ściślej biorąc elektrycznych źródeł światła, dominują zagadnienia konstrukcyjno-technologiczne. Dotyczą one wytwarzania żarówek i różnych odmian lamp wyładowczych (świetlówek, lamp rtęciowych i sodowych) oraz sprzętu pomocniczego umożliwiającego zapłon i świecenie źródeł wyładowczych. Inną kwestią stanowią oprawy oświetleniowe wykonane w nowoczesnej technologii LED (z angielskiego *Light-Emitting Diode*). Występują również zagadnienia eksploatacyjne dotyczące źródeł światła i prawidłowych warunków ich działania.

W dziale techniki świetlnej opraw oświetleniowych dominują odmienne zagadnienia konstrukcyjno-technologiczne. Dotyczą one formowania rozsyłu światła wysyłanego przez źródła oraz praktycznego przyłączania źródeł do sieci zasilającej, a także zagadnień temperaturowych, mechanicznych i estetycznych oraz eksploatacyjnych obejmujących cechy opraw i ich pożądanego zastosowania.

Do zakresu działu techniki świetlnej odnoszącej się do fotometrii zalicza się pomiary światła na podstawie, których określa się wartości podstawowych wielkości i wielu wskaźników charakteryzujących źródła światła, oprawy

¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, e-mail: ljohn@ikolej.pl.

oświetleniowe, a także efekty związane z zastosowaniem światła w celu uwidocznienia obiektów oraz ich otoczenia.

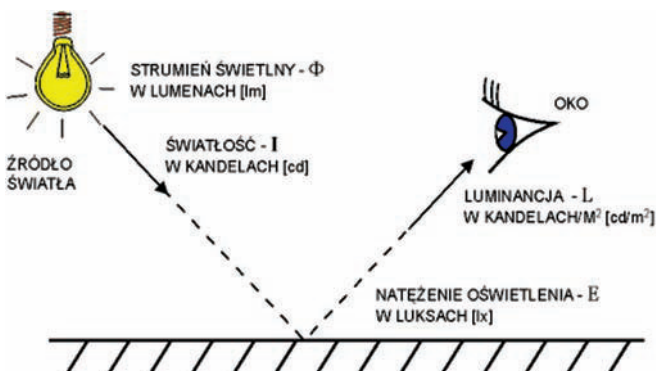
Do zakresu działy techniki świetlnej dotyczącej kolorymetrii wchodzi pomiar i obliczenia barwy światła. Prowadzone są one w celu charakteryzowania niektórych cech źródeł światła i efektów związanych z ich zastosowaniem.

Do zakresu działy techniki oświetlenia wchodzi sposoby stosowania światła w celu uwidocznienia obiektów i otoczenia, czyli inaczej w celu oświetlenia.

2. Podstawowe pojęcia i jednostki stosowane w technice świetlnej

Projektując czy dobierając oprawę oświetleniową do poprawnej pracy, konieczne jest posługiwanie się pewnymi wielkościami oświetleniowymi. Do najbardziej podstawowych należą:

- **strumień świetlny Φ** , który jest całkowitą mocą światła emitowaną przez źródło światła (np. lampę),
- **światłość I** określa ilość światła wysyłaną w konkretnym kierunku; za pomocą światłości tworzy się krzywe rozsyłu oprawy oświetleniowej,
- **natężenie oświetlenia E** jest tą ilością światła, która wysłana z oprawy dociera do powierzchni pracy,
- **luminancja L** to światło, które odbije się od powierzchni i dotrze do oka obserwatora; ogólnie luminancja jest ilością światła wysyłaną z określonej powierzchni. Luminancję ma wszystko to, co widzimy. Również źródło światła ma luminancję, gdyż światło zawsze jest wysyłane z konkretnej powierzchni, czasami bardzo małej. Różnica jest tylko taka, że jest to duża luminancja, która razi oczy i mówimy wtedy o zjawisku zwanym olśnieniem. Zależności między pojęciami w uproszczony sposób przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Podstawowe wielkości oświetleniowe [opracowanie własne]

Jednostki wielkości fotometrycznych należą do układu SI i wynikają z umownie przyjętej (podstawowej) definicji kandeli (jednostki światłości) oraz zależności definicyjnych wiążących wzajemnie poszczególne wielkości fotometryczne. W tabelicy 1 przedstawiono podstawowe wielkości stosowane w technice świetlnej.

3. Rodzaje opraw oświetleniowych stosowanych do sygnalizacji na kolei

Obecnie, w środowisku kolejowym stosuje się jeszcze oprawy oświetleniowe żarowe. Jednak z wpływem czasu i postępuem technologii na rynek wprowadza się coraz więcej opraw w technologii ledowej, która w przyszłości ma zastąpić dotychczasową technikę żarową [3]. Do najczęściej stosowanych opraw oświetleniowych, wykonanych w obu technologiach, służących do sygnalizacji na liniach kolejowych, jak również i taborze kolejowym można zaliczyć:

Sygnalizatory świetlne – mogą być wysokie (latarnie sygnałowe umieszczone na masztach lub innych konstrukcjach wsporczych) oraz karzełkowe (latarnie sygnałowe umieszczone bezpośrednio na fundamencie sygnalizatora). Latarnie sygnałowe sygnalizatorów pociągowych z zasady powinny być umieszczone na masztach lub bramkach sygnałowych. Za zgodą Spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. można stosować sygnalizatory karzełkowe pociągowe jako semafony, sygnalizatory powtarzające, sygnalizatory sygnału zastępczego [3].

Semafony karzełkowe nie mogą być stosowane na szlakach i na stacjach przy torach głównych zasadniczych oraz przy torach, po których odbywają się jazdy pociągów bez zatrzymania. Liczba komór sygnałowych w latarni sygnalizatora świetlnego powinna być taka, aby możliwe było wyświetlanie sygnałów odpowiednio do potrzeb ruchowych i funkcji sygnalizatora. W komorę sygnału zastępczego mogą być wyposażane wszystkie semafony z wyjątkiem semaforów odstępowych. Sygnalizatory ze względu na rodzaj podawanych sygnałów dzielą się na:

- pociągowe, do których zalicza się: semafony, tarcze ostrzegawcze, sygnalizatory powtarzające, sygnalizatory sygnału zastępczego i tarcze ostrzegawcze przejazdowe;
- manewrowe, do których zalicza się tarcze manewrowe i rozrządowe. Sygnały manewrowe mogą być również podawane na semaforach świetlnych znajdujących się w obrębie stacji – za wyjątkiem semaforów wjazdowych.

Wskaźniki kolejowe – znaki, które podają ważne informacje maszyniście prowadzącemu pociąg i dotyczą ograniczenia prędkości, miejsca zatrzymania itp. Wskaźniki kolejowe dzielą się na trzy grupy:

- wskaźniki zwrotnicowe – wskazują kierunek jazdy po zwrotnicy, informują o jej ułożeniu;
- wskaźniki dotyczące sieci trakcyjnej – informują na przykład o zakazie wjazdu pojazdów trakcji elektrycznej lub o miejscu, które należy przejechać bez pobierania prądu;
- pozostałe wskaźniki – podają inne ważne informacje i ostrzeżenia [3].

Wskaźniki najczęściej mają postać tablic z określonym wzorem lub napisem o określonym kształcie. Mogą być

Tablica 1

Podstawowe wielkości stosowane w technice świetlnej

Wielkość	Oznaczenie	Określenie	Nazwa jednostki	Oznaczenie jednostki
Ilość światła	$Q = \Phi t$	energia wypromieniowana w czasie t oceniona według wrażenia wzrokowego	lumenogodzina	lm·h
Strumień świetlny	Φ	moc promieniowania oceniona według wrażenia wzrokowego	lumen	lm
Światłość	$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$	stosunek strumienia świetlnego wysyłającego przez źródło światła w nieskończenie małym stożku obejmującym dany kierunek kąta bryłowego tego stożka	kandela	cd
Natężenie oświetlenia	$E = \frac{d\Phi}{ds}$	stosunek strumienia świetlnego padającego na elementarne pole powierzchni otaczające dany punkt do tego pola	luks	lx
Luminacja	$L = \frac{dI}{dS \cos \alpha}$	stosunek światłości elementarnego pola powierzchni w danym kierunku do pola rzutu tej powierzchni na płaszczyznę prostopadłą do danego kierunku (czyli do tzw. powierzchni pozornej)	kandela na metr kwadratowy kandela na centymetr kwadratowy	cd/m ² cd/cm ²
Współczynnik odbicia	$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi_0}$	stosunek strumienia świetlnego odbitego Φ_p do strumienia świetlnego Φ_0 padającego na to ciało	–	–
Współczynnik przepuszczania	$\zeta = \frac{\Phi_\zeta}{\Phi_0}$	stosunek strumienia świetlnego pochłoniętego przez dane ciało Φ_ζ do strumienia świetlnego Φ_0 padającego na to ciało	–	–
Współczynnik pochłaniania	$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi_0}$	stosunek strumienia świetlnego pochłoniętego przez dane ciało Φ_α do strumienia świetlnego Φ_0 padającego na to ciało	–	$\rho + \tau + \alpha = 1$
Temperatura barwowa	T_c	temperatura ciała czarnego, przy której barwa źródła światła i ciała czarnego są takie same	kelwin	K
Wskaźnik oddawania barw	R_a	miara stopnia zgodności wrażenia barwy przedmiotów oświetlonych danym źródłem światła z wrażeniem barwy tych samych przedmiotów oświetlonych odniesionym źródłem światła w tych samych warunkach	–	–
Skuteczność świetlna źródła światła	$\eta = \frac{\Phi}{P}$	stosunek wypromieniowanego strumienia świetlnego do doprowadzonej mocy elektrycznej	lumen na wat	lm/W
Trwałość źródła światła	T	czas pracy źródła światła, w ciągu którego jego strumień świetlny nie zmniejszy się poniżej wartości dopuszczalnej	godzina	h
Sprawność świetlna	$\eta = \frac{\Phi_{op}}{\Phi_0}$	stosunek strumienia świetlnego wypromieniowanego przez oprawę oświetleniową Φ_{op} do strumienia świetlnego źródła światła w oprawie Φ_0	–	–
Współczynnik zapasu	$k = \frac{E_p}{E_{zm}}$	stosunek początkowego natężenia oświetlenia E_p do wymaganego natężenia oświetlenia E_{zm}	–	–

[Opracowanie własne].

wykonane w postaci podświetlanej w razie potrzeby (np. latarnie zwrotnicowe). Wskaźniki umożliwiają bezpieczne prowadzenie pociągu przez maszynistę, a przestrzeganie ich wskazań jest obowiązkowe (podobnie jak sygnałów na semaforach).

Sygnalizacja świetlna czoła i końca pociągu – sygnały umieszczane na pojazdach kolejowych. W Polsce sygnały na pociągach są dawane za pomocą latarni lub tarcz i służą oznaczeniu początku i końca pociągu. Sygnały na tabo-rze kolejowym daje się za pomocą latarni lub chorągiewek

i służą do oznaczenia rodzaju taboru. Istnieją także oznaczenia wagonów skażonych i są dawane za pomocą kolorowych chorągiewek [3].

Sygnalizatory drogowe zapewniają emisję sygnałów świetlnych na przejazdach kolejowo-drogowych w stanie ostrzegania systemu (światło czerwone migające lub w przypadku usterki krytycznej, co najmniej czerwone ciągłe) [3].

4. Wymagania prawne do pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych

Zgodnie z obecnie obowiązującymi wymaganiami normatywnymi oraz Zarządcy infrastruktury PKP PLK S.A., oprawy oświetleniowe stosowane na kolei powinny spełniać odpowiednie wymagania w zakresie pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych. W tym celu opracowano

normy kolejowe, jak również instrukcje kolejowe, w których znajdują się nie tylko wymagania dotyczące budowy każdej z opraw oświetleniowych, ale także parametrów technicznych, jakie powinny spełniać. Dokumenty te zawierają również wymagania dotyczące badań fotometrycznych i kolorymetrycznych w związku z wprowadzeniem na rynek kolejowy nowych rozwiązań technologicznych wykorzystujących diody LED.

W tablicach 2, 3 i 4 zestawiono najważniejsze dokumenty normalizacyjne oraz instrukcje kolejowe z niezbędnymi informacjami na ten temat, w celu dopuszczenia takiej oprawy oświetleniowej do stosowania w środowisku kolejowym nie tylko w sygnalizacji kolejowej, ale również na samym pojeździe. W normach podane są szczegółowe wymagania techniczne dotyczące stanowiska pomiarowego, na którym należy przeprowadzić pomiary fotometryczne oraz kolorymetryczne dla opraw oświetleniowych stosowanych na kolei.

Tablica 2

Wymagania normatywne dla opraw oświetleniowych stosowanych na kolei

Numer normy krajowej	Tytuł normy
PN-EN 13032-1 + A1 [4]	Światło i oświetlenie – Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych – Część 1: Pomiar i format pliku
PN-EN 13032-2 [5]	Światło i oświetlenie – Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych – Część 2: Prezentacja danych dla miejsc pracy wewnątrz i na zewnątrz budynków
PN-EN 13032-4 + A1 [6]	Światło i oświetlenie – Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych – Część 4: Lampy, moduły i oprawy oświetleniowe LED
PN-EN 60598-1 + A1 [8]	Oprawy oświetleniowe – Część 1: Wymagania ogólne i badania
PN-EN 15153-1 [7]	Kolejnictwo – Ostrzegawcze urządzenia zewnętrzne sygnalizacji optycznej i dźwiękowej pociągów – Część 1: Sygnalizacja świetlna czoła i końca pociągu
BN-89/3506-32 [1]	Latarnie sygnałowe i semafony świetlne karzełkowe EHA-1. Wymagania i badania
PN-ISO 9241-305 [9]	Ergonomia interakcji człowieka i systemu – Część 305: Metody laboratoryjnych badań optycznych monitorów ekranowych elektronicznych

[Opracowanie własne].

Tablica 3

Wymagania Zarządcy infrastruktury dla opraw oświetleniowych stosowanych na kolei

Numer instrukcji kolejowej	Tytuł
le-1 (E-1) [2]	Instrukcja sygnalizacji
le-102 [16]	Wymagania techniczne dla wskaźników i tablic sygnałowych
le-103 [13]	Warunki Techniczne Odbioru – Żarówki sygnałowe kolejowe
le-117 [15]]	Wymagania techniczne dla sygnalizatorów stosowanych na liniach kolejowych oraz ich konstrukcji wsporczych
le-123 [14]	Wymagania dla układów niezarowego źródła światła latarni sygnałowych sygnalizatorów kolejowych
–	Warunki dopuszczenia do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP PLK S.A. elementów sygnalizacji kolejowej wykonanej w technologii LED [12]
lpi-6 [17]	Wytyczne w sprawie elementów wykonawczych Centralnego Systemu Dynamicznej Informacji Pasażerskiej i infrastruktury towarzyszącej

[Opracowanie własne].

Tablica 4

Publikacje Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej CIE

Numer publikacji CIE	Tytuł publikacji
Publikacja CIE 015 [10]	Kolorymetria, edycja 4; Raport Techniczny Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej
Publikacja CIE 063 [11]	The spectroradiometric measurement of light sources

[Opracowanie własne].

5. Laboratoryjna baza naukowo-badawcza do pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych

W związku z intensywnym rozwojem Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa w Warszawie w wyniku zakupu nowego wyposażenia pomiarowego, jak również budowy nowych stanowisk pomiarowych z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) oraz pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych, w lipcu 2021 roku przystąpiono do ogłoszenia przetargu nieograniczonego w ramach procedury „Prawa Zamówień Publicznych” na dostawę trzech nowych stanowisk badawczych do pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych w trakcie jednej dostawy. Nowoczesne stanowiska badawcze były dostarczone w marcu 2022 roku, w zakresie projektu RPOWM: „RPMA.01.01.00-14-9845/17-00 Zakup nowoczesnej aparatury badawczo-laboratoryjnej dla Instytutu Kolejnictwa”, co ilustruje tablica projektu przedstawiona na rysunku 2.



Rys. 2. Widok tablicy informacyjnej do projektu inwestycyjnego na zakup aparatury badawczo-laboratoryjnej [fot. Ł. John]

Laboratoryjna baza naukowo-badawcza do pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa jest usytuowana w zmodernizowanym budynku w pomieszczeniu badawczym nr 9 (ciemnia fotometryczna), w którym pomiary wielkości fotometrycznych są wykonywane na dystansie do 15 m oraz w pomieszczeniu badawczym nr 10 (stanowisko pomiarowe do obsługi goniometru) do realizacji pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych urządzeń na potrzeby kolei. W skład dostarczonego wyposażenia pomiarowego wchodzi 3 nowe stanowiska badawcze:

Goniofotometryczne stanowisko pomiarowe do pomiaru kierunkowości światła składające się z:

- goniometru typu GLGA 50-1800 wraz ze sterownikiem ręcznym (pulpitem) i zadajnikiem ręcznym typu 6FX-2007-1AD03 (rys. 3 i 4),
- fotometru typu OLS + Flicker wraz ze statywem (rys. 5),
- sprzętu pomocniczego w postaci dwóch zasilaczy AC i DC do zasilania badanego obiektu zamocowanego na goniometrze (rys. 6),
- stanowiska komputerowego z oprogramowaniem sterującym typu SPECTROSOFT do przeprowadzania badań i automatycznego tworzenia raportów z wynikami pomiarów (rys. 7).



Rys. 3. Goniometr typu GLGA 50-1800 do pomiarów fotometrycznych [fot. Ł. John]



Rys. 4. Sterownik ręczny (pulpit) i zadajnik ręczny do ustawiania badanego obiektu na goniometrze [fot. Ł. John]



Rys. 5. Fotometr pomiarowy na statywie [fot. Ł. John]



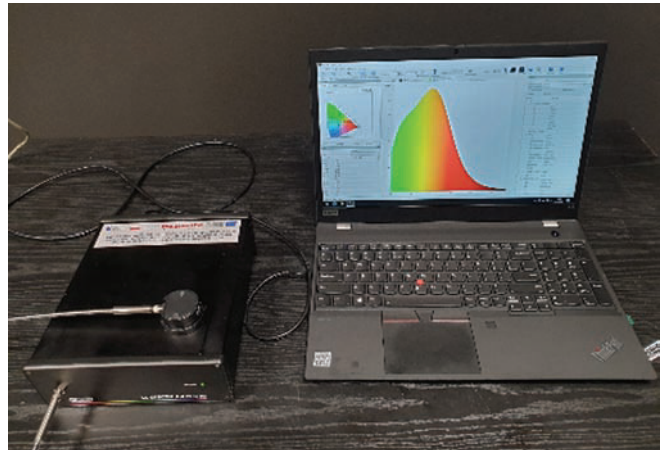
Rys. 6. Zasilacze laboratoryjne AC i DC [fot. Ł. John]



Rys. 7. Stanowisko pomiarowe do obsługi goniometru [fot. Ł. John]

Stanowisko pomiarowe do pomiaru barwy światła składające się z:

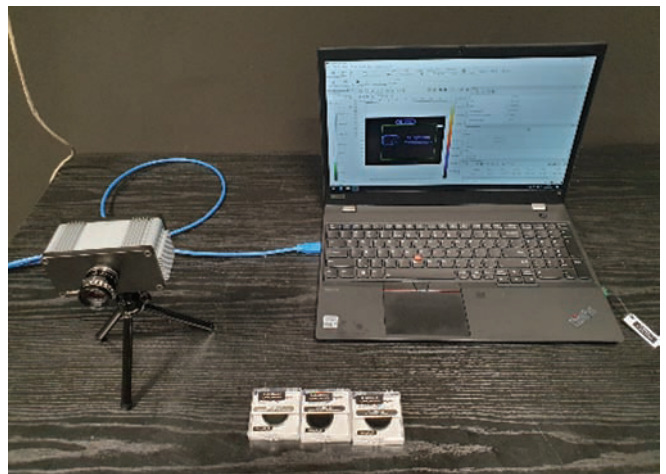
- spektrometri typu GL Spectis 4.0 UV VIS NIR wyposażonego w głowicę pomiarową,
- stanowiska komputerowego z oprogramowaniem sterującym typu SPECTROSOFT LAB do przeprowadzania badań i automatycznego tworzenia raportów z wynikami pomiarów (rys. 8).



Rys. 8. Stanowisko do pomiaru barwy światła oraz do wyznaczenia temperatury barwowej [fot. Ł. John]

Stanowisko pomiarowe do pomiaru luminancji średniej i równomierności luminancji powierzchni świecącej składające się z:

- matrycowego miernika luminancji typu GL_OPTICAM 1.0 wraz ze statywem i dwoma obiektywami typu L0080_050_0280 oraz L0037_016_0200,
- 3 rodzajów szarych filtrów typu F0022_ND_10, F0033_ND_20, F0044_ND_30,
- stanowiska komputerowego z oprogramowaniem sterującym typu GL_OPTICAM do przeprowadzania badań i automatycznego tworzenia raportów z wynikami pomiarów (rys. 9).



Rys. 9. Stanowisko pomiarowe do pomiaru luminancji powierzchni świecącej [fot. Ł. John]

Stanowiska pomiarowe są wykorzystywane do pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych dla urządzeń kolejowych wykonywanych w technologii żarowej i LED w zakresie:

- światłości metodą goniofotometryczną z ruchomym obiektem według norm: PN-EN 13032-1 + A1 [4], PN-EN 13032-4 + A1 [6] oraz publikacji CIE 015 [17] Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej dla lamp i opraw oświetleniowych zastosowania kolejowego;
- charakterystyk widmowych i kolorymetrycznych (rozkład widmowy, barwa światła, temperatura barwowa) według norm: PN-EN 13032-1 + A1 [3], PN-EN 13032-4 + A1 [6] oraz publikacji CIE 015 [17] Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej dla lamp i opraw oświetleniowych zastosowania kolejowego;
- światłości kierunkowej, barwy światła, współczynnika k_{colour} (z obliczeń) według normy PN-EN 13032-1 + A1 [4], PN-EN 15153-1 [7] oraz publikacji CIE 015 [17] Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej dla sygnalizatorów czoła i końca pociągu;
- luminancji, równomierności luminancji według norm: PN-EN ISO 9241-305 [9] pkt. 6.6.1 i pkt. 6.6.3, PN-EN 13032-1 + A1 [4], PN-EN 13032-4 + A1 [6] dla lamp, opraw oświetleniowych oraz wyświetlaczy typu LCD zastosowania kolejowego.

Warto również wspomnieć, że na stanie wyposażenia pomiarowego w Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji znajduje się, również zmodernizowana w 2022 roku, dotychczasowa ława fotometryczna o długości pomiarowej wynoszącej około 5 m, która znajduje się w pomieszczeniu badawczym nr 9 (ciemnia fotometryczna). Ława fotometryczna jest podstawowym urządzeniem w każdej pracowni fotometrycznej, służącym do zmiany odległości r fotometru od źródeł światła, co ilustruje rysunek 10.



Rys. 10. Ława fotometryczna do pomiarów światłości źródeł światła [fot. Ł. John]

Do pomiarów światłości źródeł światła w różnych kierunkach na ławie fotometrycznej służą specjalne urządzenia

umożliwiające obrócenie badanego źródła światła o określony kąt dookoła osi pionowej lub poziomej, prostopadłej do osi optycznej ławy. Odległość żarówki od fotometru lub ogniwa umieszczonego na ławie powinna być większa niż pięciokrotny największy wymiar żarnika. Spełnienie tego warunku przy żarówkach o bańce przezroczystej nie nastręcza trudności, toteż zwykle jest on spełniony. Natomiast przy żarówkach o bańce matowanej wewnątrz lub ze szkła mlecznego oraz lampach wyładowczych o jarzniku rurowym, niekiedy znacznej długości, należy zawsze sprawdzić, czy odległość od fotometru jest większa niż pięciokrotny najdłuższy wymiar bańki rurki jarznika. Lampy fluorescencyjne mają na ogół znaczną długość i nie mogą być fotometrowane na zwykłej ławie.

Obracanie źródła światła za pomocą elementu obrotowego (np. imadła obrotowego) wprowadza dodatkowy uchyb pomiaru ze względu na zmianę rozkładu temperatur przy różnym położeniu źródła światła. Odnosi się to zwłaszcza do lamp wyładowczych, których wartości świetlne w znacznym stopniu zależą od rozkładu temperatury, dlatego ten sposób wyznaczania krzywych światłości nie jest wskazany przy dokładniejszych pomiarach fotometrycznych.

6. Podsumowanie

Zakup nowoczesnej aparatury laboratoryjno-badawczej dla Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa umożliwi realizację prac naukowych oraz wykonywanie badań fotometrycznych i kolorymetrycznych dla urządzeń sygnalizacji na sieci linii kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., a także montowanych na taborze kolejowym, zgodnie z wymaganiami norm kolejowych w tym zakresie oraz instrukcji kolejowych Zarządcy Infrastruktury kolejowej.

Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu będzie także ubiegać się w Polskim Centrum Akredytacji (PCA) o rozszerzenie zakresu działalności i akredytowanie nowych metod badawczych w zakresie fotometrii i kolorymetrii dla urządzeń kolejowych.

Bibliografia

1. BN-89/3506-32: Latarnie sygnałowe i semafony świetlne karzełkowe EHA-1. Wymagania i badania.
2. Instrukcja sygnalizacji le-1 (E-1), Załącznik do uchwały Nr 810/2019 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 10 grudnia 2019 r.
3. John Ł.: *Analiza wymagań stawianych konstrukcji stanowiska goniofotometrycznego do pomiarów fotometrycznych opraw oświetleniowych stosowanych na kolei* [Praca dyplomowa (końcowa) Studiów Podyplomowych], Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Zakład Techniki Świetlnej, czerwiec 2020 r.

4. PN-EN 13032-1 + A1:2012: Światło i oświetlenie – Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych – Część 1: Pomiar i format pliku, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2012 r.
5. PN-EN 13032-2:2018-02: Światło i oświetlenie – Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych – Część 2: Prezentacja danych dla miejsc pracy wewnątrz i na zewnątrz budynków, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2018 r.
6. PN-EN 13032-4 + A1:2019-09: Światło i oświetlenie – Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych – Część 4: Lampy, moduły i oprawy oświetleniowe LED, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2019 r.
7. PN-EN 15153-1:2020-06: Kolejnictwo – Ostrzegawcze urządzenia zewnętrzne sygnalizacji optycznej i dźwiękowej – Część 1: Sygnalizacja świetlna czoła i końca pociągu dla kolei, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2020 r.
8. PN-EN 60598-1:2021-07 + A11:2022-12: Oprawy oświetleniowe – Część 1: Wymagania ogólne i badania, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2021 r.
9. PN-EN ISO 9241-305:2009: Ergonomia interakcji człowieka i systemu – Część 305: Metody laboratoryjnych badań optycznych monitorów ekranowych elektronicznych, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2009 r.
10. Raport Techniczny Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej „Colorimetry”, 4th Edition [CIE 015:2018: Colorimetry].
11. Raport Techniczny Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej CIE 063:1984 „The spectroradiometric measurement of light sources”.
12. Warunki dopuszczenia do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP PLK S.A. elementów sygnalizacji kolejowej wykonanej w technologii LED, Decyzja nr 17/2015 Członka Zarządu – dyrektora ds. utrzymania infrastruktury z dnia 21 kwietnia 2015 r.
13. Warunki Techniczne Odbioru Żarówki sygnałowe kolejowe le-103, Załącznik do zarządzenia Nr 25/2011 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 lipca 2011 r.
14. Wymagania dla układów nieżarowego źródła światła latarni sygnałowych sygnalizatorów kolejowych le-123, Załącznik do uchwały Nr 1066 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 grudnia 2018 r.
15. Wymagania techniczne dla sygnalizatorów stosowanych na liniach kolejowych oraz ich konstrukcji wsporczych le-117, Załącznik do uchwały Nr 206/2020 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 24 marca 2020 r.
16. Wymagania techniczne dla wskaźników i tablic sygnałowych le-102, Załącznik do uchwały Nr 809/2019 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 10 grudnia 2019 r.
17. Wytyczne w sprawie elementów wykonawczych Centralnego Systemu Dynamicznej Informacji Pasażerskiej i infrastruktury towarzyszącej Ip-i6, Tekst ujednoczony po zmianach wprowadzonych uchwałą Nr 508/2020 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 4 sierpnia 2020 r.
18. Żagań W.: *Podstawy techniki świetlnej* (eBook). Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, wydanie 1, 2022.