

doi:10.15199/48.2022.06.12

Lampy LED i oprawy oświetleniowe LED z możliwością zdalnego sterowania.

Streszczenie. W artykule przedstawiono, przykłady lamp LED i opraw oświetleniowych LED, których konstrukcja umożliwia zdalne sterowanie mocą i parametrami oświetleniowymi. Przedstawiono podstawowe parametry elektryczne i świetlne lamp LED i opraw oświetleniowych LED przeznaczonych do sterowania mocą i parametrami wytwarzanego światła za pomocą aplikacji. Przedstawiono porównanie podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych typów lamp LED i opraw oświetleniowych LED sterowanych zdalnie za pomocą aplikacji. Przedstawiono wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych typów lamp LED sterowanych za pomocą aplikacji.

Abstract. This article shows the design of LED lamps and LED luminaires which enables manage by remote control of power and lighting parameters. The basic electrical and light parameters of LED lamps and LED luminaires designed to control of the power and lighting parameters by applications are presented. This paper shows a comparison of the basic electrical and light parameters of selected types of LED lamps and LED luminaires remotely controlled by an application. The paper presents the results of measurements of basic electrical and light parameters of selected types of LED lamps remotely controlled by application. **(LED lamps and LED luminaires with remote control)**

Słowa kluczowe: lampy LED, oprawy oświetleniowe LED, sterowanie oświetleniem

Keywords: LED lamps, LED luminaires, light management system.

Wstęp

Systemy sterowania oświetleniem są dynamicznie rozwijane, ze względu na coraz liczniejszą dostępność różnych źródeł światła i opraw oświetleniowych, których konstrukcja pozwala na regulację mocy i zmianę parametrów świetlnych w dość szerokim zakresie. Na szczególną uwagę zasługują zdalne systemy sterowania oświetleniem wykorzystujące przystosowane do nich aplikacje na smartfony lub/i tablety. W odróżnieniu od systemów sterowania oświetleniem, które są stosowane powszechnie w budynkach użyteczności publicznej, np. system DALI, zdalne systemy sterowania oświetleniem umożliwiają tworzenie stosunkowo dużych instalacji oświetleniowych, które do ich sterowania nie potrzebują dodatkowej instalacji sterującej, prowadzenia dodatkowych przewodów stanowiących linię sterującą. Jest to niewątpliwa zaleta zdalnych systemów sterowania oświetleniem, które coraz częściej stosowane są w mieszkaniach, domach i biurach. System zdalnego sterowania oświetleniem można rozbudowywać, dołączając nowe źródła światła LED i oprawy LED, które przeznaczone są do tak zwanego inteligentnego domu, system znany jest pod ogólną nazwą SMART HOME. Konfigurację systemu można praktycznie dowolnie zmieniać. Sterowanie oświetleniem nie wymaga stosowania dodatkowych urządzeń sterujących. Do zrealizowania inteligentnego systemu sterowania zwykle wystarczy telefon lub/i tablet oraz odpowiednia aplikacja [1]. Konstrukcje inteligentnych lamp LED i opraw LED rozwijają się bardzo dynamicznie. W ofercie wielu wiodących producentów źródeł światła i opraw oświetleniowych pojawiają się coraz nowocześniejsze ich rozwiązania. Inteligentne lampy LED są bezpośrednimi energooszczędnymi zamiennikami tradycyjnych żarówek i żarówek halogenowych, można je stosować we wszystkich tradycyjnych oprawach oświetleniowych przeznaczonych do żarowych źródeł światła. Przy wyborze lamp LED i opraw LED przeznaczonych do zastosowania w zdalnych systemach sterowania należy zwrócić uwagę na to, że inteligentne lampy LED i oprawy LED dzielimy, pod względem typu sterowania, na trzy podstawowe grupy: z możliwością regulacji mocy (strumienia świetlnego), z możliwością regulacji mocy i zmiany barwy wytwarzanego światła (temperatury barwowej światła) od ciepłobiałej do zimnobiałej i regulacji mocy oraz zmiany barwy

wytwarzanego światła (RGBW), dzięki której możliwe jest uzyskanie bardzo szerokiego zakresu barw wytwarzanego światła. Natomiast pod względem sposobu sterowania inteligentne lampy LED i oprawy LED oferowane są w trzech rodzajach: sterowanie SMART+ ZIGBEE, SMART+ BLUETOOTH i SMART+ WiFi. W przypadku SMART+ ZIGBEE sterowanie lampami LED i oprawami LED odbywa się za pomocą aplikacji i dodatkowej bramki. W tym systemie sterowania można podłączyć do 50 urządzeń. Z obserwacji dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych wynika, że system komunikacji ZIGBEE zostaje stopniowo wycofywany ze względu na konieczność stosowania dodatkowej bramki w systemie sterowania. Natomiast systemy sterowania SMART+ BLUETOOTH i SMART+ WiFi są coraz częściej stosowane ze względu na ich większą uniwersalność w porównaniu z systemem ZIGBEE. W systemach SMART+ WiFi i SMART BLUETOOTH do realizacji sterowania nie ma potrzeby stosowania dodatkowych urządzeń, wystarczy zastosowanie odpowiedniej aplikacji. Do systemu praktycznie można podłączyć nieograniczoną liczbę źródeł światła LED oraz opraw oświetleniowych LED. W artykule przedstawione są przykładowe rozwiązania lamp LED i opraw LED sterowanych zdalnie za pomocą aplikacji na podstawie szerokiej oferty firmy LEDVANCE [2]. W artykule przedstawione są wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych lamp LED sterowanych przez WiFi i BLUETOOTH.

Lampy LED sterowane przez WiFi i BLUETOOTH

Przykład podstawowych konstrukcji lamp LED sterowanych przez Bluetooth i WiFi przedstawiony jest na rysunku nr. 1. Lampy tego typu oferowane są w różnych kształtach baniek zewnętrznych z kloszem matowym lub przezroczystym w technologii Filament (pręcików LED). Lampy LED tego typu oferowane są również jako zamienniki tradycyjnych żarówek reflektorowych lub reflektorowych żarówek halogenowych. Przykładowe konstrukcje reflektorowych lamp LED przedstawione są na rysunku 2.

Podstawowe parametry elektryczne i świetlne wybranych typów lamp LED, stanowiących zamienniki klasycznych żarówek z możliwością regulacji mocy

(strumieniem świetlnym), sterowanych za pomocą BLUETOOTH przedstawione są w tabeli 1.



Rys. 1. Przykład klasycznych lamp LED sterowanych przez BLUETOOTH i WiFi [3]



Rys. 2. Przykład lamp LED reflektorowych sterowanych przez BLUETOOTH i WiFi [3]

Tabela 1. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą BLUETOOTH

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
BT Classic 100 DIM	11,0	1521	2700	15 000
BT Classic 75 DIM	7,5	1055	2700	15 000
BT Classic 60 DIM	9,0	806	2700	15 000
BT Candle 40W	4,0	470	2700	15 000
BT Mini bulb 40	4,0	470	2700	15 000

Podstawowe parametry elektryczne i świetlne lamp LED, stanowiących zamienniki klasycznych żarówek, z możliwością regulacji mocy i temperatury barwowej światła za pomocą BLUETOOTH przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 2. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą BLUETOOTH, wersja Tunable White

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
BT Classic 60 TW	9,0	806	2700...6500	15 000
BT Candle 40 TW	4,0	470	2700...6500	15 000
BT Mini bulb 40 TW	4,0	470	2700...2700	15000

Parametry elektryczne i świetlne lamp LED, stanowiących zamienniki halogenowych żarówek reflektorowych z możliwością regulacji mocy, temperatury barwowej światła i barwy wytwarzanego światła za pomocą BLUETOOTH przedstawione są w tabeli 3.

Tabela 3. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą BLUETOOTH, wersje DIM, TW i RGBW

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
BT SPOT 50 DIM	5,0	350	2700	15 000
BT SPOT 50 TW	5,0	350	2700...6500	15 000
BT SPOT 50 RGBW	5,0	300	2700...6500	15 000
BT SPOT 40 RGBW	3,0	210	2700...6500	15 000
BT SPOT 60 RGBW	5,0	345	2700...6500	15 000

Parametry elektryczne i świetlne wybranych typów lamp LED, stanowiących zamienniki klasycznych żarówek z możliwością regulacji mocy, sterowanych za pomocą WiFi przedstawione są w tabeli 4.

Podstawowe parametry elektryczne i świetlne wybranych typów lamp LED, stanowiących zamienniki klasycznych żarówek z możliwością regulacji mocy

(strumieniem świetlnym), sterowanych za pomocą BLUETOOTH przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 4. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą WiFi

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
WiFi Classic 100 DIM	14,0	1521	2700	15000
WiFi Classic 75 DIM	9,5	1055	2700	15000
WiFi Classic 60 DIM	9,0	806	2700	15000
WiFi Candle 40 DIM	5,0	470	2700	15000
WiFi Mini bulb 40	5,0	470	2700	15000

Parametry elektryczne i świetlne wybranych typów lamp LED, stanowiących zamienniki klasycznych żarówek z możliwością regulacji mocy i temperatury barwowej światła, sterowanych za pomocą WiFi przedstawione są w tabeli 5.

Tabela 5. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą WiFi, wersja Tunable White

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
WiFi Classic 100 TW	14,0	1521	2700...6500	15 000
WiFi Classic 75 TW	9,5	1055	2700...6500	15 000
WiFi Classic 60 TW	9,0	806	2700...6500	15 000
WiFi Candle 40 TW	5,0	470	2700...6500	15 000
WiFi Mini bulb 40	5,0	470	2700...6500	15 000

Podstawowe parametry elektryczne i świetlne lamp LED, stanowiących zamienniki tradycyjnych żarówek z możliwością regulacji mocy, temperatury barwowej światła i barwy wytwarzanego światła za pomocą WiFi przedstawione są w tabeli 6.

Tabela 6. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą WiFi, wersja RGBW

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
WiFi Classic 100 RGBW	14,0	1521	2700...6500	15 000
WiFi Classic 75 RGBW	9,5	1055	2700...6500	15 000
WiFi Classic 60 RGBW	9,0	806	2700...6500	15 000
WiFi Candle 40 RGBW	5,0	470	2700...6500	15 000
WiFi Mini bulb 40	5,0	470	2700...6500	15000

Parametry elektryczne i świetlne lamp LED, stanowiących zamienniki halogenowych żarówek reflektorowych z możliwością regulacji mocy, temperatury barwowej światła i barwy wytwarzanego światła za pomocą WiFi przedstawione są w tabeli 7.

Tabela 7. Podstawowe dane elektryczne i świetlne lamp LED sterowanych za pomocą WiFi, wersje DIM, TW i RGBW

Typ lampy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L ₇₀ [h]
WiFi SPOT 50 DIM	5,0	350	2700	15 000
WiFi SPOT 40 TW	3,0	210	2700...6500	15 000
WiFi SPOT 50 TW	5,0	345	2700...6500	15 000
WiFi SPOT 40 RGBW	3	210	2700...6500	15 000
WiFi SPOT 60 RGBW	5,0	345	2700...6500	15 000
WiFi SPOT 40 RGBW	3,0	210	2700...6500	15 000
WiFi SPOT 50 RGBW	5,0	350	2700...6500	15 000
WiFi SPOT 60 RGBW	5,0	345	2700...6500	15 000

W tabelach od 1 do 7 przedstawione są podstawowe parametry elektryczne i świetlne lamp LED, których możliwe jest zdalne sterowanie mocą i wytwarzaną barwą światła za pomocą aplikacji. Przedstawione dane techniczne lamp

LED stanowią tylko wybrany przykład z szerszej oferty tego typu źródeł światła. Z analizy danych technicznych wynika, że wszystkie lampy LED firmy LEDVANCE wytwarzają światło barwy białej o ogólnym wskaźniku oddawania barw $R_a > 80$ i mają skuteczność świetlną wynoszącą do 109 lm/W. W przypadku lamp LED typu RGB i TW najniższa skuteczność świetlna wynosi 60 lm/W, niższa wartość skuteczności świetlnej spowodowana jest tym, że lampy tego typu mają możliwość zmiany barwy światła a ich skuteczność świetlna oceniana jest tylko dla światła barwy białej. W wyniku przeglądu wartości podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych lamp LED z możliwością regulacji mocy i barwy wytwarzanego światła można stwierdzić, że są to energooszczędne źródła światła, których stosowanie zapewnia niskie koszty eksploatacji oświetlenia.

Oprawy oświetleniowe sterowane przez WiFi i BLUETOOTH

W ofercie firmy LEDVANCE znajduje się ponad 180 różnych typów opraw oświetleniowych sterowanych zdalnie za pomocą aplikacji (WiFi i BLUETOOTH). Szeroka gama konstrukcji opraw może stanowić podstawę do analizy dostępnych rozwiązań. Wybrano do analizy podstawowych parametrów technicznych i świetlnych typowe konstrukcje opraw oświetleniowych stosowanych w oświetleniu wewnętrznym i zewnętrznym.

Na szczególną uwagę zasługują oprawy LED o nazwie SUN@HOME (dostępne są również lampy LED). Oprawy tego typu charakteryzują się tym, że wytwarzają światło o wysokim wskaźniku oddawania barw $R_a=95$ z możliwością zmiany temperatury barwowej światła od $T_c=2200K$ do $T_c=5000K$ i wartości strumienia świetlnego. Barwa światła i strumień świetlny zmieniane są w czasie dostosowując parametry do cyklu okołodobowego (tak zwany system HCL). Przykład oprawy LED typu SUN@HOME przedstawiony jest na rysunku 3.



Rys. 3. Oprawa LED SUN@Home PLANON PLUS 60X60 [3]

Oprawy tego typu mogą być stosowane w oświetleniu ogólnym wewnątrz, podstawowe dane techniczne opraw SUN@Home PLANON przedstawione są w tabeli 8.

Tabela 8. Podstawowe dane elektryczne i świetlne opraw LED typu SUN@Home

Typ oprawy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L_{70} [h]
SUN@Home 120x30	35	3250	2200...5000	30 000
SUN@Home 60x60	35	3250	2200...5000	30 000
SUN@Home 30x30	20	1800	2200...5000	30 000

Oprawy typu SUN@Home są sterowane przez WiFi za pomocą aplikacji SMART+.

Następną grupą opraw przeznaczonych do oświetlenia wewnętrznego są oprawy panelowe SMART+ WiFi PLANON. Oprawy tego typu mają możliwość zmiany mocy i barwy wytwarzanego światła za pomocą aplikacji i pilota. Konstrukcje tych opraw dostępne są w wersji Tunable White (TW) i RGBW. Podstawowe dane elektryczne i świetlne tego typu opraw przedstawione są w tabeli 9.

Tabela 9. Podstawowe dane elektryczne i świetlne opraw LED typu SMART+ WiFi PLANON FRAMELESS

Typ oprawy	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L_{70} [h]
WiFi PLANON TW 600x600	40	3400	3000...6500	25 000
WiFi PLANON TW RGB 600x600	40	3400	RGB 3000...6000	25 000
WiFi PLANON TW RGB 450x450	28	2300	3000...6500	25 000
WiFi PLANON TW 300x300	20	1600	3000...6500	25 000
WiFi PLANON TW RGB 300x300	25	1500	RGB 3000...6000	25 000

Oprawy oświetleniowe sterowane zdalnie za pomocą aplikacji dostępne są również w wersji oświetlenia zewnętrznego. Przykładem tego typu opraw są naświetlacze zewnętrzne SMART+ WiFi FLOOD. Oprawy tego typu dostępne są w mocach od 10W do 50W, mają możliwość regulacji mocy za pomocą aplikacji, system WiFi. Oprawy o mocach od 10 W do 30 W dostępne są w wersji RGB. Przykład konstrukcji tego typu opraw przedstawiony jest na rysunku 4. Podstawowe dane elektryczne i świetlne opraw przedstawione są w tabeli 10.



Rys. 4. Przykład opraw LED SMART+ WiFi FLOOD [3]

Tabela 10. Podstawowe dane elektryczne i świetlne opraw LED typu SMART+ WiFi FLOOD

	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Temperatura barwowa światła [Tc]	Trwałość L_{70} [h]
WiFi Flood 50W	50	4250	3000	30 000
WiFi Flood 30W	30	2190	RGB 3000	30 000
WiFi Flood 20W	20	1250	RGB 3000	30 000
WiFi Flood 10W	10	630	RGB 3000	30 000

Przedstawione przykłady opraw LED sterowanych zdalnie za pomocą aplikacji charakteryzują się wysoką skutecznością świetlną od 93 lm/W do 63 lm/W, przy czym niższe wartości skuteczności świetlnej odnoszą się do światła białego wytwarzanego przez oprawy RGB. Wszystkie analizowane oprawy wytwarzają światło barwy białej o wskaźniku oddawania barw $R_a > 80$. Na podstawie analizowanych parametrów świetlnych i elektrycznych analizowanych opraw oświetleniowych można stwierdzić, że ich zastosowanie spełni ogólne wymagania dotyczące jakości wytwarzanego światła, które zawarte są w wymaganiach normatywnych [4]. Wysoka skuteczność świetlna oraz długa trwałość analizowanych opraw, daje możliwość realizacji energooszczędnego i ekonomicznego w eksploatacji oświetlenia.

Pomiary podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych lamp LED

Do pomiarów wybrano 3 typy lamp LED, po trzy egzemplarze każdego typu. Wszystkie lampy w kształcie klasycznej żarówki z możliwością sterowania za pomocą BLUETOOTH. Trzy lampy typu BT Classic 60 DIM o mocy 9W, lampy wytwarzają światło barwy białej z możliwością sterowania mocą (strumieniem świetlnym), oznaczone jako lampa nr 1. Trzy lampy typu BT Classic 60 TW o mocy 9W z możliwością zmiany temperatury barwowej światła i mocy, oznaczone jako lampa nr 2. Trzy lampy Classic 60 RGBW o

mocy 9W mają możliwość sterowania barwą światła (system RGBW), oznaczone jako lampa nr 3. Pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych lamp LED były wykonane w celu porównania ich z danymi katalogowymi. Dla lamp LED wytwarzających światło białe zmierzono podstawowe parametry świetlne (strumień świetlny) i elektryczne: moc i współczynnik mocy w funkcji mocy lamp. Dla lamp z możliwością regulacji barwy światła (RGBW) wykonano pomiary współrzędnych trójchromatycznych dla poszczególnych barw wytwarzanego światła w celu określenia zakresu możliwych uzyskiwanych barw światła. Przedstawione wartości zmierzonych parametrów są wartościami średnimi uzyskanymi z pomiarów trzech egzemplarzy lamp każdego typu. Porównanie parametrów deklarowanych przez producenta z danymi zmierzonymi przedstawione są w tabeli 11.

Tabela 11. Porównanie deklarowanych podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych z parametrami zmierzonymi.

Numer lampy	Parametry deklarowane				Parametry zmierzone			
	P [W]	PF [-]	Φ [lm]	Ra [-]	P [W]	PF [-]	Φ [lm]	Ra [-]
Lampa1	9,0	0,60	806	80	8,9	0,61	880	82
Lampa2	9,0	0,60	806	80	9,1	0,61	879	83
Lampa3	9,0	0,60	806	80	9,2	0,59	877	82

Wyniki pomiarów wskazują, że deklarowane wartości przyjętych do analizy parametrów są zgodnie z wartościami rzeczywistymi. Ważne jest to, że ogólny wskaźnik oddawania barw światła wytwarzanego przez lampy z możliwością regulacji barwy RGBW ma wartość wyższą niż 80. Pozwala to stosować, ten typ źródeł światła nie tylko w oświetleniu dekoracyjnym i akcentującym, ale również do oświetlenia miejsc pracy. W tabeli 12 przedstawione są wyniki pomiarów, strumienia świetlnego i współczynnika mocy w funkcji mocy lamp LED wytwarzających białe światło (lampa nr 1).

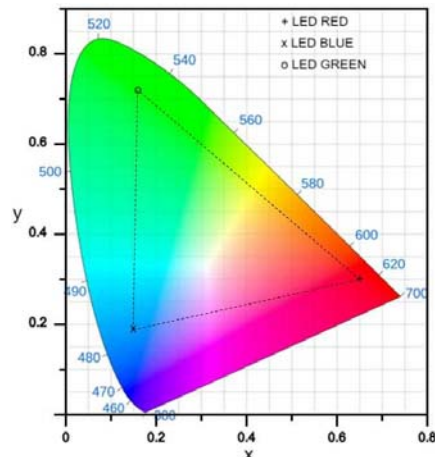
Tabela 12. Wyniki pomiarów strumienia świetlnego i współczynnika mocy dla lamp LED wytwarzających białe światło w funkcji mocy

l.p.	P [W]	Φ [lm]	PF [-]	Skuteczność świetlna [lm/W]
1	8,9	870	0,61	98
2	8,0	801	0,61	100
3	7,0	695	0,61	99
4	6,0	585	0,60	98
5	5,0	455	0,6	91
6	4,0	360	0,6	90
7	3,0	265	0,58	88

W tabeli 13 przedstawione są wyniki pomiarów, strumienia świetlnego i współczynnika mocy w funkcji mocy lamp LED wytwarzających białe światło w wersji TW (lampa nr 2). Na rysunku 5 zaznaczone są współrzędne trójchromatyczne światła barwnego (RGB) zmierzone dla lamp LED mających możliwość zmiany barwy wytwarzanego światła. Wartość współczynnika mocy utrzymuje się na stosunkowo wysokim poziomie w szerokim zakresie mocy lamp LED. Wartość skuteczności świetlnej maleje wraz ze zmniejszaniem się mocy lamp LED, ale utrzymuje się na stosunkowo wysokim poziomie. Pomiary współrzędnych trójchromatycznych dla podstawowych barw światła wytwarzanych przez lampy LED RGBW wskazują na możliwość uzyskania bardzo szerokiej palety barw wytwarzanego światła.

Tabela 13. Wyniki pomiarów strumienia świetlnego i współczynnika mocy dla lamp LED typu TW, ze zmienną temperaturą barwową światła

l.p.	T _c = 2700 K				T _c = 6500 K			
	P [W]	Φ [lm]	PF [-]	η [lm/w]	P [W]	Φ [lm]	PF [-]	η [lm/w]
1	9,1	879	0,61	97	9,1	787	0,61	86
2	8,0	777	0,61	97	8,0	707	0,61	88
3	7,0	665	0,61	95	7,0	605	0,60	86
4	6,0	558	0,60	93	6,0	502	0,60	84
5	5,0	463	0,6	93	5,0	418	0,60	84
6	4,0	361	0,6	90	4,0	321	0,59	80
7	3,0	260	0,58	87	3,0	231	0,58	77



Rys. 5. Wyniki pomiarów współrzędnych trójchromatycznych naniesione na trójkąt barw.

Wnioski

Rozwój konstrukcji opraw LED i lamp LED umożliwiających realizację sterowania oświetleniem za pomocą aplikacji jest dynamiczny. Ważną zaletą stosowania zdalnych systemów sterowania jest ich duża elastyczność, prosta instalacja aplikacji i bardzo prosta obsługa takiego systemu sterowania. Z analizy dostępnych danych technicznych opraw i lamp LED oraz danych uzyskanych z pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych wybranych lamp LED wynika, że są to energooszczędne rozwiązania oświetleniowe. Analizowane oprawy LED i lampy LED wytwarzają światło o wysokim ogólnym wskaźniku oddawania barw. W przypadku lamp i opraw LED RGBW możliwe jest uzyskanie bardzo szerokiej palety barw wytwarzanego światła.

Autor: dr inż. Andrzej Wiśniewski, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: Andrzej.Wisniewski@ien.pw.edu.pl

LITERATURA

- [1] ChaoYang Lee, Chu-Sing Yang An Economic Lighting Management System of the Internet of Things for Smart Home Application, 3rd International Conference on Materials Engineering, Manufacturing Technology and Control (ICMEMTC 2016). 2016
- [2] Katalog źródeł światła, strona www.ledvance.com.
- [3] Katalog produktów SMART+ : Ledvance 2022
- [4] Polska Norma PN-EN 12464-1:2022-01 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach. 2012r.