

Technologia LED stosowana w oświetleniu obiektów przemysłowych

Oświetlenie obiektów przemysłowych wymaga stosowania rozwiązań, które spełnią niezbędne wymagania przy możliwie niskich kosztach eksploatacji. W przypadku tego typu budynków mamy do czynienia ze stosunkowo dużymi powierzchniami oraz znaczną wysokością lokowania opraw oświetleniowych. Z tych powodów należy zwrócić szczególną uwagę na dobór odpowiednich ich typów oraz rozmieszczenie. Zadanie to należy powierzyć projektantowi oświetlenia, który dysponuje specjalistyczną wiedzą z zakresu techniki świetlnej.

III Wymagania prawne związane z oświetleniem obiektów przemysłowych

Wymagania związane z oświetleniem hal przemysłowych wynikają z zapisów normy PN-EN 12464-1 „Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach”. Określono w niej parametry oświetlenia dla miejsc pracy we wnętrzach, w których spotykają się potrzeby komfortu widzenia i wydolności wzrokowej ludzi normalnie widzących [1], a także uwzględniono jego cechy ilościowe i jakościowe [1]. Ww. wytyczne są dla projektanta oświetlenia podstawą do ustalenia wszystkich parametrów, jakie powinno spełniać urządzenie oświetleniowe zastosowane w obiektach przemysłowych. Należy pamiętać, że są one zróżnicowane dla różnych typów zadań wzrokowych (rodzajów pracy) wykonywanych w danym obiekcie. Podstawowe wartości głównych parametrów oświetleniowych zostały zamieszczone w rozdziale 5. ww. normy. Warto jednak zwrócić szczególną uwagę na to, że interpretacja wymagań oraz realizacja projektów oświetleniowych wymusza posiadanie specjalistycznej wiedzy z zakresu techniki świetlnej.

III Modernizacja istniejących systemów oświetleniowych z wykorzystaniem technologii LED

Modernizacja oświetlenia, mająca na celu zmniejszenie mocy zainstalowanej, a tym samym kosztów eksploatacji przy zachowaniu wymagań oświetleniowych, składa się z kilku etapów, które można podzielić na trzy podstawowe: wymiana tradycyjnych źródeł światła w istniejących oprawach oświetleniowych na ich energooszczędne odpowiedniki bez zmiany liczby i miejsc lokowania tradycyjnych opraw, wymiana opraw oświetleniowych na nowoczesne – wykonane w technologii LED, oraz zainstalowanie systemów sterowania oświetleniem.

Wymiana źródeł światła

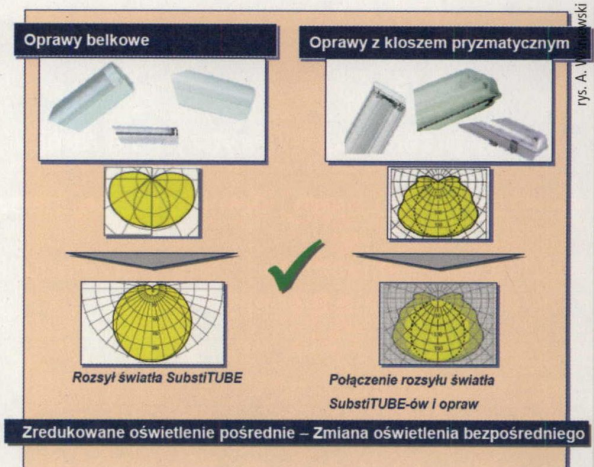
W oświetleniu hal przemysłowych stosowane są obecnie oprawy oświetleniowe typu High Bay do lamp wyladowczych i oprawy do świetlówek. W przypadku tych pierwszych, w których wykorzystywane są głównie lampy metalohalogenkowe o mocach od 70 do 400 W, wymiana źródła światła na ich bardziej efektywny odpowiednik LED nie jest zalecana ze względu na znaczne różnice w ich kształcie w stosunku do lamp wyladowczych. Ponadto może



dr inż. Andrzej Wiśniewski
Instytut Elektroenergetyki, Politechnika
Warszawska

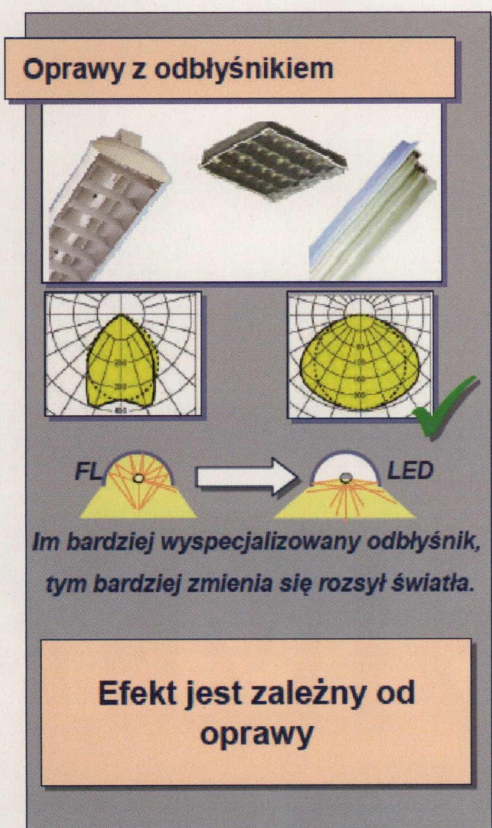
to skutkować zmianą rozsyłu strumienia świetlnego oprawy, czego wynikiem będzie zmiana wartości natężenia i równomierności oświetlenia na płaszczyźnie pracy. Takie przekształcenie przestrzennego rozsyłu strumienia świetlnego oprawy wymaga wykonania nowego projektu oświetleniowego, który prawdopodobnie skoryguje liczbę potrzebnych opraw oraz ich rozmieszczenie w pomieszczeniu. Trudno w takim przypadku przewidzieć pozytywne efekty energetyczne, zwłaszcza gdy trzeba zwiększyć liczbę opraw tradycyjnych ze źródłem LED. Jeśli chodzi o oprawy typu High Bay, to ich wymiana na oprawy wykonane w technologii LED obecnie wydaje się najbardziej racjonalna, przy czym należy pamiętać, że w tym celu niezbędne jest przygotowanie nowego projektu oświetleniowego. Rzadko się zdarza, żeby taka modyfikacja nie wymagała zmiany liczby i rozmieszczenia opraw (jest to możliwe, jednak zawsze takie zmiany należy zweryfikować projektem oświetleniowym).

W przypadku opraw do świetlówek liniowych istnieje możliwość wymiany tradycyjnych źródeł światła na tuby LED. Trzeba wówczas zwrócić szczególną uwagę na typ tradycyjnej oprawy oświetleniowej. Jeżeli jest ona wyposażona w reflektor (odbłyśnik), to zamiana źródła światła prawdopodobnie spowoduje zmianę rozsyłu strumienia świetlnego oprawy i ten fakt, tak jak opisujemy powyżej, może skutkować zmianą dotychczasowych parametrów oświetleniowych w pomieszczeniu. Przy oprawach świetłkowych, w których zastosowany jest kloz rozpraszający światło (oprawa bez reflektora) użycie tub LED może przyczynić się do obniżenia mocy oprawy i całego systemu oświetleniowego, a także spowodować znaczne oszczędności w kosztach eksploatacji.



Rys. 1. Konstrukcje opraw świetłkowych, w których zastosowanie tub LED jest uzasadnione

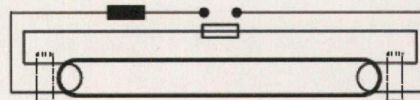
rys. A. Wiśniewski



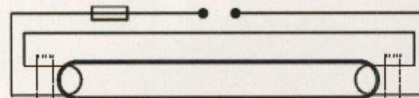
Rys. 2. Konstrukcje opraw świetłkowych, w których zastosowanie tub LED nie jest uzasadnione

Ważnym parametrem, na jaki trzeba zwrócić uwagę przy zastosowaniu tub LED jest sposób ich zasilania. W ofercie wielu firm znajdują się rozwiązania, które można wprowadzić do opraw świetłkowych wyposażonych w tradycyjny układ zasilający (dławik magnetyczny i zapłonnik) i wówczas wystarczy wymienić świetłkę na tubę LED, a zapłonnik na starter LED (zwykle dostarczany jest w zestawie). W tym przypadku zmiana okablowania oprawy oświetleniowej nie jest wymagana. Wiele oferowanych typów tub LED ma możliwość zasilania bezpośrednio z sieci 230 V. Zwykle są to te same typy, które można stosować w oprawach z dławikiem magnetycznym. Przy wersji zasilanej również bezpośrednio napięciem sieciowym 230 V wymagane jest zasilanie dwustronne. W oprawach oświetleniowych wyposażonych w elektroniczny układ zasilający świetłkę, należy używać tub LED przystosowanych do zasilania przez statecznik elektroniczny. Na rynku dostępne są tuby LED, które można zasilac statecznikami elektronicznymi do świetłówek, lecz w tym przypadku warto zwrócić uwagę na zalecenia producenta, ponieważ zwykle są one odpowiednie dla ograniczonej liczby ich typów.

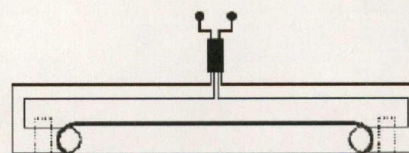
rys. A. Wiśniewski



Rys. 3. Zasilanie tuby LED przez tradycyjny układ zasilający świetłkę



Rys. 4. Zasilanie tuby LED bezpośrednio napięciem 230 V



Rys. 5. Zasilanie tuby LED statecznikiem elektronicznym do świetłki

Tab. 1. Ogólne porównanie mocy świetłówek liniowych T8 z mocą odpowiedników tub LED

Świetłówka T8 [W]	Tuba LED [W]	Spodziewane oszczędności [%]
18	8	56
36	17	53
58	20	65

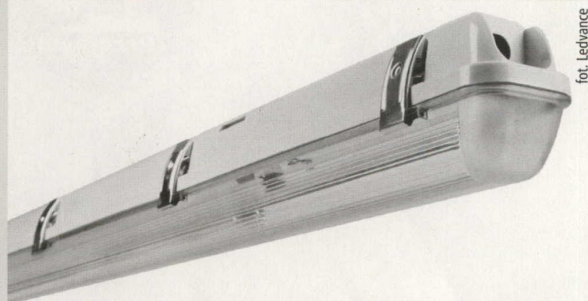
Nowe oprawy oświetleniowe LED stosowane w oświetleniu obiektów przemysłowych

W oświetleniu obiektów przemysłowych ze względu na ich specyfikę (duże powierzchnie i znaczną wysokość montowania opraw oświetleniowych) stosuje się dość powszechnie oprawy typu High Bay do lamp metalohalogenkowych o mocy 250 i 400 W. W pomieszczeniach o wysokości poniżej 10 m wykorzystuje się dość często oprawy hermetyczne do świetłówek.



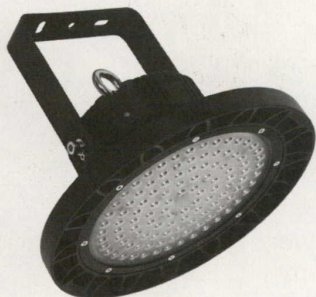
Fot. 1. Przykład tradycyjnej oprawy oświetleniowej typu High Bay do lamp metalohalogenkowych LUGSFERA IP65

fol. LUG Light Factory



Fot. 2. Przykład oprawy hermetycznej do świetlówki liniowej

Technologia produkcji opraw LED rozwija się bardzo dynamicznie, dzięki czemu istnieje wiele rozwiązań, które można zastosować zamiast tradycyjnych opraw. Przykładem mogą być oprawy oświetleniowe firmy Ledvance High Bay LED o mocy 120 i 200 W, które pod względem oświetleniowym zastępują powszechnie wykorzystywane tradycyjne oprawy typu High Bay do lamp metalohalogenkowych o mocach 250 i 400 W. Mogą być stosowane w temperaturach otoczenia od -30 do 50°C .

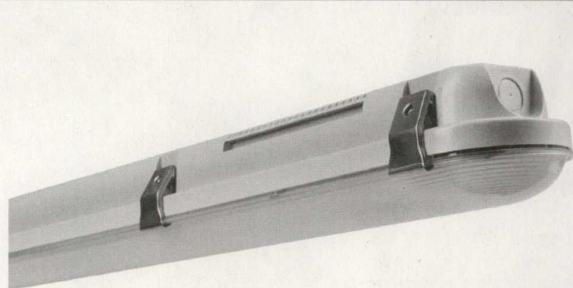


Fot. 3. Konstrukcja oprawy Ledvance High Bay LED [2]



Fot. 4. Oprawa do oświetlania powierzchni przemysłowych CRUISER 2 LB LED

W niższych halach przemysłowych lub mających możliwość zawieszenia opraw nad stanowiskami pracy powszechnie stosowane są oprawy hermetyczne do świetlówek liniowych T8 i T5. Można je również zamienić na oprawy wykonane w technologii LED, np. Ledvance Damp Proof.



Fot. 5. Konstrukcja oprawy Ledvance Damp Proof [2]

III Oszczędności w zużyciu energii elektrycznej przy zastosowaniu opraw LED zamiast tradycyjnych opraw oświetleniowych

Użycie nowoczesnych technologii LED umożliwia zmniejszenie mocy zainstalowanej urządzenia oświetleniowego, a tym samym wpływa bezpośrednio na oszczędności w jego użytkowaniu, przy zachowaniu takich samych warunków oświetleniowych. Ograniczenie zużycia energii elektrycznej jest jednym z czynników umożliwiających obniżenie kosztów eksploatacji oświetlenia. W przytoczonych przykładach pominięto wpływ systemu konserwacji oświetlenia, wynikający z przyjęcia różnych okresów wykonywania podstawowych czynności polegających na czyszczeniu pomieszczenia i opraw oświetleniowych oraz wymiany źródeł światła. Dla zobrazowania potencjalnych oszczędności spowodowanych zastosowaniem opraw LED w tab. 2. i 3. przedstawione zostały przykładowe wyniki symulacyjnych obliczeń oświetleniowych dla hali przemysłowej o wymiarach: długość: 65 m, szerokość: 35 m, wysokość: 8 m. Uwzględniono w niej również wybrane wymagania oświetleniowe zgodnie z wytycznymi PN-EN 12464-1:2012, zakładając średnią wartość natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej $E_{\text{av}} \geq 300$ lx, a równomierność oświetlenia na płaszczyźnie roboczej $\delta \geq 0,60$.

Tab. 2. Porównanie zastosowania opraw Ledvance High Bay 120 W zamiast oprawy High Bay do lampy metalohalogenkowej 250 W

Parametr/ rodzaj oprawy	E_{av} [lx] (założenie 300–330 lx)	δ [–] (założenie $\geq 0,6$)	Liczba opraw [szt.]	Moc zainstalowana [W]	Różnica w mocy zainstalowanej	
					[W]	[%]
Tradycyjna 250 W	300	0,621	78	21 762	12 402	57
Ledvance LED 120 W	298	0,622		9360		

Tab. 3. Porównanie zastosowania opraw Ledvance High Bay 200 W i High Bay do lampy metalohalogenkowej 400 W

Parametr/ rodzaj oprawy	E_{av} [lx] (założenie 300–330 lx)	δ [–] (założenie $\geq 0,6$)	Liczba opraw [szt.]	Moc zainstalowana [W]	Różnica w mocy zainstalowanej	
					[W]	[%]
Tradycyjna 250 W	312	0,699	45	19 305	10 305	53
Ledvance LED 120 W	302	0,761		9000		

Wyniki obliczeń mają charakter ogólny, zastosowano do nich oprawy Ledvance High Bay LED o mocy 120 i 200 W, stanowiące zamienniki opraw typu High Bay do lamp metalohalogenowych o mocy 250 i 400 W. Za oprawy typu High Bay przyjęto standardowe oprawy wykorzystywane do oświetlania hal przemysłowych, o typowych wartościach parametrów świetlnych i elektrycznych.

Z wykonanej analizy wynika, że dzięki oprawom w technologii LED następuje redukcja mocy zainstalowanej o ponad połowę. Dodatkowo można założyć, że ich zastosowanie zapewni obniżenie całkowitych kosztów eksploatacji oświetlenia co najmniej na poziomie 50%, przy spełnieniu niezbędnych wymagań.

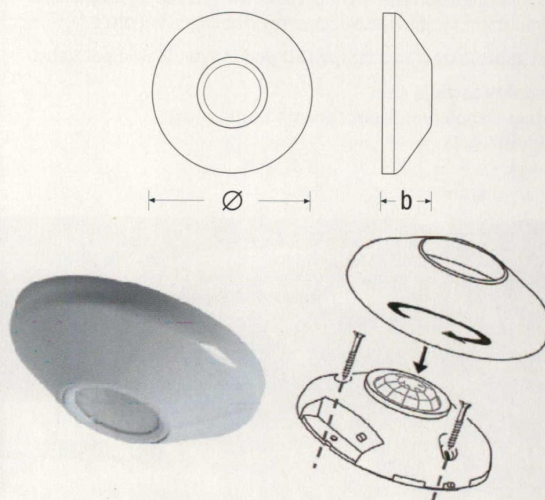
Podczas modernizacji oświetlenia należy jednak zwrócić uwagę na to, że projekt składa się z wielu etapów, w których trzeba uwzględnić znacznie więcej parametrów oświetleniowych niż w zamieszczonych przykładach. Nie zmienia to jednak faktu, że użycie opraw LED przynosi znaczne redukcje kosztów eksploatacji oświetlenia.

W przypadku opraw hermetycznych można założyć, że zastosowanie opraw wykonanych w technologii LED zamiast tradycyjnych świetlówkowych spowoduje obniżenie mocy zainstalowanej nawet do 55%, przy zachowaniu takich samych warunków oświetleniowych. Według ogólnych danych producenta użycie opraw Damp Proof 1200, które stanowią odpowiednik opraw świetlówkowych 1 x 36 W i 2 x 36 W, może przynieść oszczędności w zużyciu energii elektrycznej do 45%, natomiast zastosowanie opraw Damp Proof 1500, będących odpowiednikami opraw świetlówkowych 1 x 58 W i 2 x 58 W, spowoduje oszczędności do 55% [2].

III Oszczędności w zużyciu energii elektrycznej przy zastosowaniu systemów sterowania oświetleniem

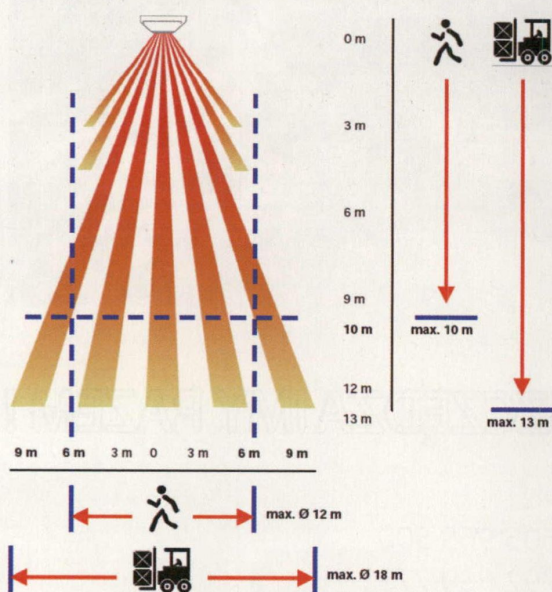
Zaletą opraw LED, w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań do lamp wyładowczych, jest uzyskiwanie pełnego strumienia świetlnego od razu po włączeniu zasilania, natychmiastowy start po zaniku napięcia zasilającego i niewielki wpływ liczby włączeń na obniżenie trwałości źródła światła i oprawy. Z tego względu zastosowanie opraw LED w systemach sterowania oświetleniem nie narządza wielu problemów technicznych. W przypadku oświetlenia hal przemysłowych sterowanie oświetleniem może przyczynić się do dalszych redukcji zużycia energii elektrycznej, a tym samym kosztów eksploatacji oświetlenia. W tego typu obiektach najczęściej instalowane są czujniki światła i obecności. Pierwsze z nich umożliwiają wykorzystanie światła dziennego jako dopełnienia oświetlenia elektrycznego. W wielu halach przemysłowych montowane są okna i świetliki, które wprowadzają światło dzienne do wnętrza obiektu, i w tym przypadku czujnik światła może obniżyć ilość energii elektrycznej zużywanej przez oprawy oświetleniowe. W obszarach, w których praca nie odbywa się w sposób ciągły lub nie ma w nich pracowników przez cały dzień, czujniki ruchu mogą powodować wyłączenie oświetlenia w czasie braku obecności osób w danym pomieszczeniu lub wybranym jego obszarze. Przy zastosowaniu czujników światła i ruchu należy wziąć pod uwagę kilka podstawowych parametrów technicznych, m.in.: zalecaną wysokość montażu urządzenia i kąt detekcji, bezpośrednio wpływający na obszar pomieszczenia, jaki obejmowany jest jego działaniem.

Na rys. 6. przedstawiono przykładową konstrukcję czujnika ruchu, który może być montowany do wysokości 14 m nad



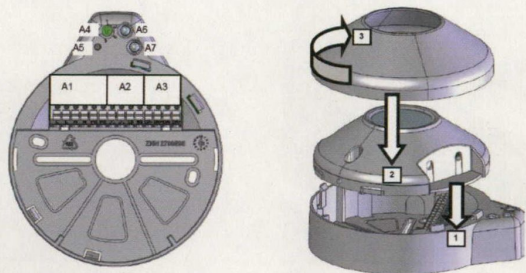
Rys. 6. Przykładowa konstrukcja czujnika ruchu

planowaną powierzchnią działania. Urządzenie uruchamia oświetlenie, gdy wyczuwany jest ruch w obszarze detekcji i wyłącza je po zadanym czasie, gdy ruch zanika. Możliwe jest ustawienie czasu zwłoki, po którym ma nastąpić wyłączenie oświetlenia. Na rys. 7. schematycznie przedstawiono obszar detekcji ruchu, który zależy od wysokości montażu czujnika. Przykładowo, przy umieszczeniu urządzenia na wysokości 10 m nad powierzchnią pracy uzyskuje się obszar detekcji w kształcie koła o średnicy 12 m. Wielkości i kształty pól mogą być różne w zależności od typów zastosowanych czujników. Niektóre z nich umożliwiają



Rys. 7. Obszar detekcji czujnika ruchu

zmianę kształtu pola detekcji poprzez wprowadzenie różnych układów optycznych lub przeston montowanych w urządzeniu. Przy wyborze rodzaju czujnika światła i ruchu należy kierować się typem zainstalowanego w obiekcie systemu sterowania oświetleniem, wysokością i kształtem pomieszczeń, w których przewidziane jest ich zastosowanie. Należy również zwracać uwagę, czy w pomieszczeniu zamierzamy realizować detekcję obecności i pomiar natężenia oświetlenia pochodzącego od światła dziennego. Obecnie konstruowane czujniki mają możliwość opcjonalnej realizacji detekcji ruchu i pomiar natężenia oświetlenia. Funkcje te można włączać jednocześnie lub realizować tylko jedną z nich.

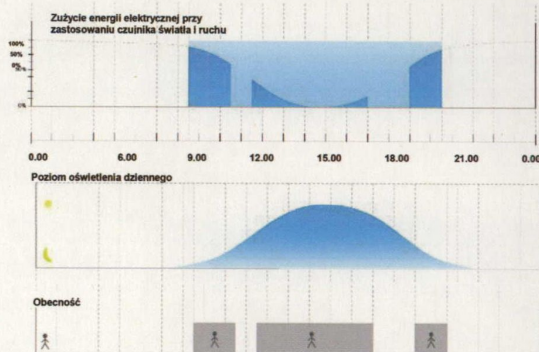


Rys. 8. Nakładka z czujnikiem światła do czujnika ruchu VISION, sterowana sygnałem DALI

Zaprezentowany na rys. 8. czujnik ruchu nie wymaga podłączenia do systemu sterowania oświetleniem – realizuje on opcję włączenia lub wyłączenia zasilania. Jego maksymalne obciążenie prądowe wynosi 5 A. Można je zwiększyć przez zastosowanie stycznika. Innym rozwiązaniem są czujniki ruchu i światła podłączane do systemów sterowania oświetleniem, np. czujnik światła, który stanowi dodatkowy element do powyżej opisywanego czujnika ruchu. Konstrukcja DALI ADAPTER została przedstawiona na rys. 8. Jest to nakładka, umożliwiająca podłączenie czujnika do cyfrowego systemu sterowania oświetleniem DALI. Regulacja czułości czujnika światła w tym rozwiązaniu odbywa się w prosty sposób – za pomocą potencjometru umieszczonego na czujniku (zaznaczony na rysunku symbolem A4). Na poziom oszczędności energii elektrycznej przy zastosowaniu czujników światła i ruchu wpływa wiele czynników. Ilość światła dziennego docierającego do pomieszczenia uzależniona jest m.in. od rozmieszczenia i powierzchni okien, położenia geograficznego obiektu.

Częstotliwość przebywania osób we wnętrzach ma wpływ na czas działania oświetlenia. Z tego powodu dla każdego budynku należy wykonać indywidualną analizę potencjalnych oszczędności energii elektrycznej przy wykorzystaniu światła dziennego jako oświetlenia dopełniającego do elektrycznego. Na rys. 9. w sposób schematyczny przedstawione zostały oszczędności w zużyciu energii elektrycznej przy użyciu czujników światła i obecności.

Stosowanie systemów sterowania oświetleniem przyczynia się do dalszych oszczędności w kosztach eksploatacji oświetlenia. Oprawy wykonane w technologii LED mają większe możliwości techniczne regulacji mocy i są odporniejsze na częste włączanie niż tradycyjne oprawy oświetleniowe do lamp wyładowczych. Obecnie najbardziej popularnym systemem sterowania oświetleniem jest DALI. W niektórych przypadkach stosuje się starszy –



Rys. 9. Potencjalne oszczędności energii elektrycznej przy zastosowaniu czujników światła i obecności

analogowy 1–10 V. Przy doborze elementów sterowania oświetleniem i opraw oświetleniowych należy zwracać uwagę, jakie urządzenie zostało zainstalowane lub jest planowane do wdrożenia. Z punktu widzenia technicznego można połączyć oprawy oświetleniowe i urządzenia sterujące pracujące w tych dwóch systemach sterowania oświetleniem, ale praktyka wykazuje, że zwiększa to liczbę potrzebnych elementów (głównie o konwertery sygnałów) oraz komplikuje instalację.

III Wnioski

Technologia LED stosowana w oświetleniu wnętrz rozwija się dynamicznie. Pojawiają się coraz efektywniejsze źródła światła LED, które mogą być stosowane zamiast tradycyjnych rozwiązań. W przypadku opraw oświetleniowych wykorzystywanych w halach przemysłowych, wymiana lamp wyładowczych (w oprawach High Bay) spowoduje zmianę parametrów oświetleniowych w pomieszczeniu, dlatego bezpośrednia zamiana źródeł światła musi być poprzedzona analizą techniczną oprawy i wykonaniem projektu oświetleniowego. W przypadku opraw świetlówkowych jest możliwa bezpośrednia wymiana świetlówek na tuby LED, ale tylko tam, gdzie nie spowoduje to zmiany rozsyłu strumienia świetlnego (belki świetlne, oprawy bez reflektora wyposażone w osłony rozpraszające światło). Nowe oprawy oświetleniowe wykonane w technologii LED charakteryzują się wysoką efektywnością energetyczną i długą trwałością. Zastosowanie opraw LED zamiast tradycyjnych przynosi wymierną redukcję kosztów eksploatacji oświetlenia. Należy jednak zwracać uwagę na odpowiedni dobór typu oprawy do realizacji oświetlenia w danym obiekcie z uwzględnieniem spełnienia wymagań oświetleniowych. Z praktyki wynika, że w przeważającej liczbie przypadków nie jest możliwe lokowanie opraw LED w miejsca już zamontowanych tradycyjnych opraw oświetleniowych. Z reguły proces taki wymaga realizacji nowego projektu oświetleniowego. Elementy systemu sterowania oświetleniem powinny być dobrane z uwzględnieniem specyfiki pracy i dostępności światła dziennego w danym obiekcie.

Literatura

1. PN-EN 12464-1 „Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach”, grudzień 2012.
2. Materiały techniczne firmy Ledvance, 2017.