

dr inż. AGNIESZKA WOLSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Inteligentny system sterowania oświetleniem

– przykłady rozwiązań i zastosowań

Inteligentny system sterowania oświetleniem to analogowy lub cyfrowy system sterowania, który dostosowuje poziom natężenia oświetlenia elektrycznego w rytm zmian poziomu światła dziennego dochodzącego do stanowiska pracy. Do podstawowych zalet przemawiających za stosowaniem inteligentnych systemów sterowania w oświetleniu należą: oszczędność energii, możliwość dostosowania pracy urządzeń elektrycznych do aktualnych potrzeb eksploatacyjnych, duża elastyczność systemów, realizacja odpowiedniego oświetlenia bez udziału człowieka, zwiększenie bezpieczeństwa i dostosowanie do potrzeb użytkownika. Podane w artykule przykłady systemów sterowania przemawiają jednoznacznie za wykorzystaniem inteligentnych systemów sterowania, a ich różnorodność pozwala na dopasowanie do indywidualnych wymagań określonych obiektów.

Intelligent lighting control system – examples of solutions and applications

Intelligent lighting control system is an analog or digital lighting control system, which adjusts the level of electric lighting according to a changing rhythm of daylight reaching the workplace. Energy efficiency, possibility to adjust electrical equipment to current needs, considerable flexibility, provision of proper lightning without an active action of the user, increased safety and adjustment to the user's needs are the basic assets of those systems. The examples of lighting control systems presented in this article show advantages of their use and their wide variety which allows to select a system customized to individual requirements of a given area.

Co to jest inteligentny system sterowania oświetleniem?

Inteligentny system sterowania oświetleniem to analogowy lub cyfrowy system sterowania, który dostosowuje poziom natężenia oświetlenia elektrycznego w rytm zmian poziomu światła dziennego, dochodzącego do pomieszczenia lub stanowiska pracy. Dodatkowo system ten może samodzielnie włączać oświetlenie elektryczne w chwili wejścia lub wykrycia obecności człowieka i wyłączać lub odpowiednio ściemniać oświetlenie po określonym czasie od wyjścia człowieka z danego pomieszczenia czy strefy pomieszczenia.

Podstawowe elementy inteligentnego systemu sterowania to:

- czujnik światła
- moduł sterujący
- odpowiednio dobrane elektroniczne układy stabilizująco-zapłonowe do źródeł wydawczych
- pilot/panel sterujący/oprogramowanie (opcjonalnie, w zależności od możliwości systemu lub wyboru użytkownika)
- czujnik ruchu/obecności.

System sterowania powinien zapewniać spełnienie wymagań normy PN-EN 12464-1 [1] dotyczących równowagi oświetlenia dziennego i elektrycznego w oświetleniu pomieszczeń pracy oraz w zakresie energooszczędności.

Wynika to z faktu, że w bilansie energii elektrycznej w budynkach często największy udział ma oświetlenie sztuczne. W naturalnie wentylowanych budynkach energia przeznaczona do oświetlenia stanowi około 40% całkowicie zużywanej energii elektrycznej. Tak więc istotnym czynnikiem wpływającym na zużycie energii staje się również efektywne stosowanie systemu sterowania oświetleniem [2]. Pod pojęciem efektywności systemów oświetleniowych należy rozumieć to, że systemy sterowania oświetleniem powinny umożliwiać maksymalne wykorzystywanie światła dziennego oraz ograniczać stosowanie światła sztucznego tam, gdzie w danym czasie nie przebywają ludzie, przy jednoczesnym zapewnieniu użytkownikowi przez cały czas właściwego natężenia oświetlenia.

Na czym polega sterowanie oświetleniem z zastosowaniem pomiaru światła?

Sterowanie światłem elektrycznym w zależności od poziomu światła dziennego polega na ciągłym pomiarze światła docierającego do czujnika światła, który przekazuje tę informację do urządzenia sterującego, które – po porównaniu jej z wartością zaprogramowaną przez użytkownika – steruje ściemnianiem lub rozjaśnianiem źródeł światła w oprawach. Gdy samo światło dzienne zapewnia dostateczne oświetlenie danej przestrzeni czy stanowiska, to oprawy oświetleniowe automatycznie pozostają wyłączone lub emitują około 10% całkowitego strumienia świetlnego. Natomiast gdy samo światło dzienne nie zapewnia wystarczającego oświetlenia, wówczas automatycznie zwiększa się udział światła elektrycznego. Zastosowanie odpowiednio zaprogramowanego czujnika światła pozwala na stałe monitorowanie i regulowanie natężenia oświetlenia na wybranej powierzchni w pomieszczeniu. Aby uniknąć raptownych zmian oświetlenia, które byłyby uznane przez użytkownika jako

przeszkadzające czy powodujące zmęczenie, we wszystkich takich systemach stosuje się:

- określoną zwłokę czasową zadziałania systemu, która powinna uwzględniać zmiany oświetlenia dziennego, wywołane na przykład przez zmienne zachmurzenie
- stopniowe łagodne rozjaśnianie i ściemnianie oświetlenia elektrycznego zgodne z logarytmiczną charakterystyką postrzegania zmian oświetlenia przez oko ludzkie.

Przykłady inteligentnych systemów sterowania oświetleniem

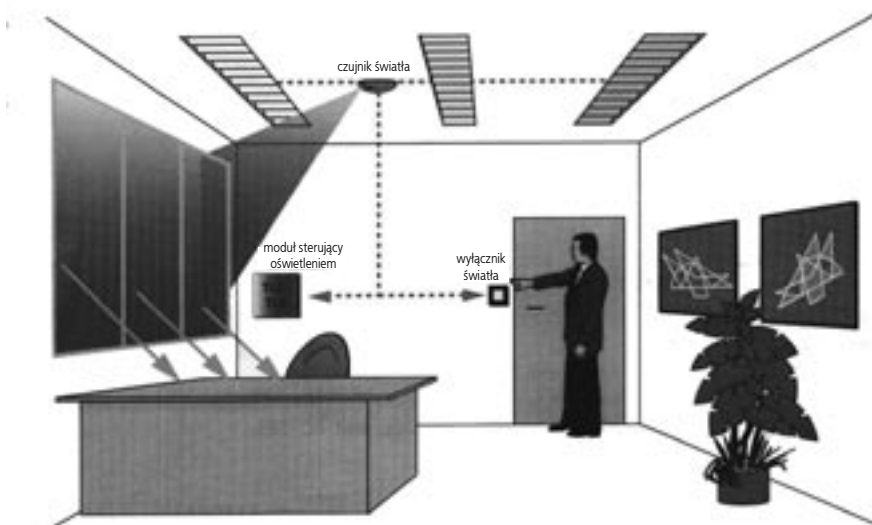
W niektórych systemach czujnik światła dokonuje pomiaru wyłącznie światła dziennego, a w innych – światła mieszanego (dziennego i elektrycznego łącznie). Biorąc pod uwagę rodzaj mierzonego przez czujnik światła i miejsce jego instalacji, można wyróżnić trzy podstawowe grupy systemów sterowania [2]:

- systemy z czujnikiem światła skierowanym na płaszczyznę roboczą (pomiar światła mieszanego)
- systemy z czujnikiem światła skierowanym na okno (pomiar światła dziennego)
- systemy z czujnikiem światła dziennego umieszczonym na dachu (pomiar światła dziennego).

Systemy z czujnikiem światła skierowanym na płaszczyznę roboczą

W zakresie tego rodzaju czujników występują na rynku zarówno systemy analogowe jak i cyfrowe. Zasada działania czujnika światła w obu rodzajach systemów jest taka sama. Czujnik światła z elementem czynnym, skierowanym na płaszczyznę roboczą jest w rzeczywistości czujnikiem światła odbitego od płaszczyzny roboczej. Umożliwia on dostosowywanie poziomu natężenia oświetlenia elektrycznego do istniejących warunków oświetlenia dziennego. Zadaniem jego jest ciągły pomiar światła odbitego od płaszczyzny roboczej, nad którą jest zainstalowany, a następnie przesyłanie tej informacji do modułu sterującego (analogowego lub cyfrowego). Ponieważ czujnik ten mierzy światło odbite, pochodzące zarówno od opraw jak i okien, to zakłada się, że uwzględnia on malejący z czasem strumień świetlny emitowany przez oprawy oświetleniowe. Oznacza to, że oprawy są wówczas wysterowywane przez system do wyższego poziomu emisji strumienia świetlnego. Należy jednak przestrzegać prawidłowego umieszczenia czujnika w pomieszczeniu. Czujnik ten nie powinien być montowany w miejscach, gdzie może na niego padać bezpośrednio światło z okien lub opraw oświetleniowych, a przy montażu należy uwzględnić jego kąt widzenia i wysokość zawieszenia. Przykład kąta widzenia takiego czujnika przedstawiono na rys. 1.

W obu rodzajach systemów sterowania (analogowym i cyfrowym) również zasada działania czujnika ruchu jest taka sama. Czujnik ten umożliwia wyłączenie i/lub ściemnienie oświetlenia, wówczas gdy w określonym czasie



Rys. 4. Ogólny schemat działania systemu sterowania z czujnikiem światła skierowanym na okno [3]

Fig. 4. General rule of operation of lighting control system with light sensor which measures direct daylight from windows [3]

Podstawowymi elementami niezbędnymi do prawidłowego działania cyfrowego inteligentnego systemu sterowania oświetleniem są [2]:

- moduł sterujący
- czujnik światła odbitego od płaszczyzny roboczej
- czujnik ruchu
- czujnik podczerwień (opcjonalnie do współpracy z pilotem na podczerwień)
- pilot na podczerwień (opcjonalnie do współpracy z czujnikiem na podczerwień i/lub panelem sterującym z wbudowanym czujnikiem na podczerwień)
- oprawy z zainstalowanymi elektronicznymi układami zapłonowymi (zgodnymi z protokołem DALI) przystosowanymi do współpracy z modułem sterującym.

System może być rozbudowany o następujące elementy:

- panel sterujący z wbudowanym czujnikiem podczerwień
- interfejs umożliwiający komunikację użytkownika z systemem przy użyciu komputera z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem.



Rys. 5. Widok dotykowego ekranu, w który wyposażony jest panel sterowniczy [3]

Fig. 5. View of touch panel of lighting control system [3]

Moduł sterujący – umożliwia komunikację z zainstalowanymi elementami systemu, takimi jak: poszczególne czujniki, oprawy oświetleniowe, panel sterujący z wbudowanym czujnikiem podczerwień oraz oprogramowaniem podłączonym do systemu poprzez interfejs. Czujnik podczerwień – umożliwia komunikację pilota na podczerwień z systemem, w przypadku gdy system nie jest wyposażony w panel sterujący. Pilot na podczerwień umożliwia obsługę systemu (ściemnianie i rozjaśnianie opraw, grupowanie opraw, modelowanie i wywoływanie wcześniej zaprogramowanych scen oświetleniowych). Współpracuje z takimi komponentami systemu zawierającymi odbiornik podczerwień, jak panel sterujący i czujnik podczerwień. Panel sterujący z wbudowanym czujnikiem podczerwień umożliwia ustawianie scen oświetleniowych (tj. zapamiętanie przez system ustawionych przez użytkownika 4 dowolnych poziomów natężenia oświetlenia), szybkie załączanie ustawionych scen oraz włączanie i wyłączanie oświetlenia. Umożliwia on również ściemnianie i rozjaśnianie oświetlenia.

Specjalistyczne oprogramowanie umożliwia pełne wykorzystanie wszystkich możliwości działania systemu sterowania i w znacznym stopniu ułatwia współpracę z systemem.

Systemy z czujnikiem światła skierowanym na okno

W przypadku tego rodzaju czujników występują na rynku tylko systemy cyfrowe. Czujnik światła skierowany na okno jest w rzeczywistości czujnikiem światła dziennego docierającego do wnętrza. Umożliwia on dostosowywanie poziomu natężenia oświetlenia elektrycznego do istniejących warunków oświetlenia dziennego. Jego zadaniem jest ciągły pomiar światła dziennego docierającego do pomieszczenia i przesyłanie tej informacji do modułu sterującego. Podobnie jak w przypadku systemów z czujnikami światła skierowanymi na płaszczyznę roboczą, należy

przestrzegać prawidłowego umieszczenia czujnika w pomieszczeniu. Czujnik ten nie powinien być montowany w miejscach, gdzie będzie do niego docierało bezpośrednie światło od opraw oświetleniowych oraz odbite od płaszczyzn pomieszczenia. „Pole widzenia” czujnika musi być wolne od przedmiotów przysłaniających okna, np. przez części ścian (dopuszcza się zacielenie na poziomie 15%), przedmiotów odbijających światło i opraw oświetlających bezpośrednio czujnik. Obszar widziany przez ten czujnik powinien obejmować tylko płaszczyznę okien, co schematycznie przedstawiono na rys. 4.

Po zainstalowaniu i odpowiednim zaprogramowaniu poszczególnych grup opraw oświetleniowych, tak aby możliwe było uwzględnienie potrzeby różnegoysterowania opraw znajdujących się bliżej oraz dalej od okien, uzyskuje się równomierne oświetlenie pomieszczenia światłem mieszanym – elektrycznym i dziennym łącznie. Kiedy czujnik światła dziennego otrzymuje wystarczającą ilość światła względem poziomu zaprogramowanego, wówczas oprawy znajdujące się najbliżej okien są przyciemniane do 1% ich strumienia, a następnie – jeśli taki poziom światła dziennego utrzymuje się przez okres co najmniej 10 minut – następuje ich wyłączenie. Oprawy znajdujące się dalej od okien są wtedy odpowiednio przyciemniane. Natomiast gdy ilość światła dziennego zmniejsza się, oświetlenie sztuczne zostaje ponownie włączone, a grupy opraw rozjaśniają się do odpowiednich poziomów emisji strumienia świetlnego.

System ten składa się z następujących podstawowych elementów:

- modułu kontrolnego – odbierającego sygnały z wszystkich czujników (czujnika światła i ruchu), przełączników i sterującego pracą opraw oświetleniowych
- czujnika światła – mierzącego światło dzienne docierające do pomieszczenia; istotnym jest, aby otwór czujnika był skierowany dokładnie na okno
- elementów sterowania ręcznego (przełączniki typu przyciskowego)
- czujnika lub czujników ruchu i przekaźników czasowych stanowiących wyposażenie opcjonalne
- oprawy z zainstalowanymi elektronicznymi układami zapłonowymi (zgodnymi z protokołem DALI) przystosowanymi do współpracy z modułem sterującym.

Według szacunków ekonomicznych, system ten pozwala na zaoszczędzenie do 60% energii elektrycznej, a połączenie go z czujnikami ruchu i wyłącznikami czasowymi pozwala na uzyskanie oszczędności nawet do 75%.

Możliwa jest również kontrola działania takiego systemu, gdy zastosujemy system z panelem sterowniczym w postaci małego dotykowego ekranu ciekłokrystalicznego (rys. 5.), w którym zainstalowane jest oprogramowanie umożliwiające programowanie systemu, sterowanie systemem i podgląd pracy systemu.

System z czujnikiem światła na dachu

W przypadku tego rodzaju czujników możliwe jest sterowanie oświetleniem w całym budynku, tj. we wszystkich jego wnętrzach jednocześnie. System ten jest przystosowany do współpracy z innymi systemami sterującymi zainstalowanymi w jego obrębie. Realizuje funkcje ściemniania lub wyłączenia pojedynczych opraw czy grup opraw oraz zasłanianie i odsłanianie żaluzji w oknach. Budowa i oprogramowanie komputerowe czujnika światła umieszczonego na dachu budynku umożliwiają również określenie promieniowania podczerwonego i kierunku padania światła dziennego w danej chwili. Pozwala to na odpowiednie osobne sterowanie klimatyzacją i żaluzjami w pomieszczeniach z oknami skierowanymi w różne strony świata.

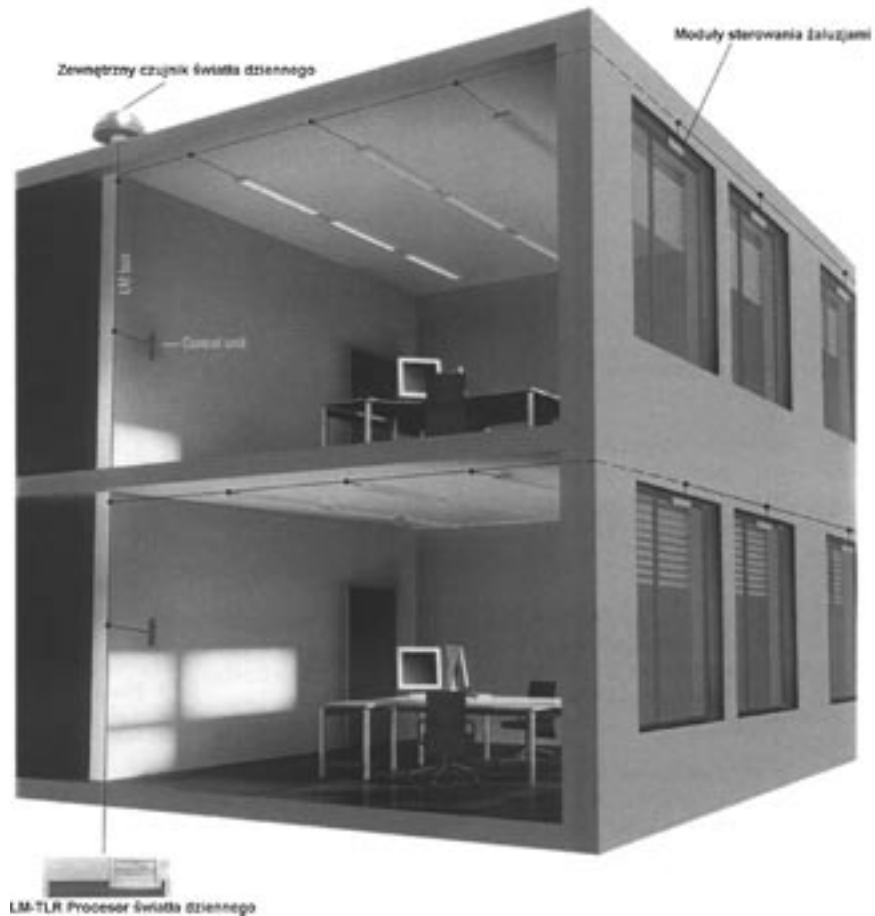
System obsługiwany jest za pomocą pilotów montowanych na ścianie, pilotów ręcznych na podczerwień lub konwencjonalnych przycisków w połączeniu z automatycznymi układami regulacji czasu włączenia i wyłączenia, sygnalizacją uszkodzeń i czasu pracy źródeł światła. Zastosowanie czujników ruchu umożliwia samoczynne wyłączenie oświetlenia pod nieobecność użytkowników poszczególnych pomieszczeń [2]. Przykładowe rozmieszczenie elementów systemu w budynku przedstawiono na rys. 6.

Zastosowanie inteligentnych systemów sterowania było dotychczas możliwe w nowo budowanych budynkach. Natomiast przystosowanie istniejących obiektów wymagało rozbudowy istniejących instalacji o przewody magistrali, sterowania itd. – co nie jest zawsze wykonalne. Istnieją już rozwiązania omijające tę niedogodność, których ideą jest wykorzystanie istniejącej sieci zasilającej 230 V do transmisji sygnałów sterujących pomiędzy wszystkimi modułami. Komunikacja ta jest dwukierunkowa, tzn. gdy tylko polecenie zostanie dostarczone do urządzenia, wysyłane jest potwierdzenie tego faktu. Stwarza to nowe, ogromne możliwości łatwej przebudowy i dostosowania instalacji oświetleniowych do indywidualnych potrzeb. Oświetlenie w istniejących budynkach, nawet przy ukrytych przewodach zasilających, może być łatwo dostosowane do wymagań stanowisk pracy i zapewnić oszczędność energii elektrycznej. Do dodatkowych funkcji tego systemu należy współpraca z systemami światła dziennego (za pomocą czujnika umieszczonego na dachu budynku), a także kontrola żaluzji, czy regulacja temperatury w pomieszczeniu. Przez współpracę z magistralą, zadania te mogą być realizowane automatycznie [2].

Podsumowanie

Do podstawowych zalet przemawiających za stosowaniem inteligentnych systemów sterowania w oświetleniu należą [2]:

- oszczędność energii – wynika to z warunkowań ekonomicznych spowodowanych rosnącymi cenami energii, a także ze względów



Rys. 6. Przykładowe rozmieszczenie elementów systemu sterowania z czujnikiem światła umieszczonym na dachu [3]
Fig. 6. An exemplary layout of elements of lighting control system with light sensor located on the roof [3]

ekologicznych; w niektórych rejonach Europy objawia się to zwiększeniem opłat za energię w godzinach szczytu energetycznego

- możliwość dostosowania pracy urządzeń elektrycznych do aktualnych potrzeb eksploatacyjnych, duża elastyczność systemów
- uwzględnienie czynnika ludzkiego – poprawa wygody obsługi, automatyzacja oraz realizacja wielu procesów bez udziału człowieka, zwiększenie bezpieczeństwa i dostosowanie do potrzeb użytkownika.

Podane przykłady przemawiają jednoznacznie za wykorzystaniem systemów sterowania, a ich różnorodność pozwala na dopasowanie do indywidualnych wymagań określonych obiektów.

Oczywistym jest fakt, że oświetlenie powinno służyć potrzebom człowieka i do nich powinno być odpowiednio dobrane. Inne oświetlenie jest wymagane w hali produkcyjnej, gabinecie lekarskim, szkole, biurze czy domu. W przypadku pomieszczeń projektowanych ważne jest zapew-

nienie odpowiedniego natężenia oświetlenia, właściwego rozsyłu światła i ograniczenia oślnienia, ale nie bez znaczenia pozostaje również aspekt energooszczędności.

PIŚMIENICTWO

- [1] PN-EN 12464-1 2004. *Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach*
- [2] Wolska A., Pawlak A., Skwarek I. Program wieloletni (II etap) pn. *Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej*, zadanie SP 05.9 pn. *Opracowanie charakterystyki własności użytkowych tzw. inteligentnych systemów sterowania oświetleniem pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy i wygody widzenia. Etap I pn. Analiza porównawcza wybranych systemów sterowania oświetleniem oraz opracowanie założeń merytorycznych metodyki badań własności użytkowych inteligentnych systemów sterowania oświetleniem*, CIOP-PIB, Warszawa 2005
- [3] Katalog firmy Zumtobel Staff
- [4] Katalog firmy Philips Lighting
- [5] Katalog firmy OSRAM

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Edukacji i Nauki, w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy