

# Badanie cech użytkowych inteligentnych systemów sterowania oświetleniem

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

Przy wyborze systemu sterowania oświetleniem dla danego budynku, rodzaju pomieszczenia i wykonywanych w nim zadań powinny być brane pod uwagę parametry użytkowe systemu zapewniające pracownikom bezpieczeństwo i komfort widzenia, a nie tylko jego cena i aspekt energooszczędności. Artykuł ma na celu przedstawienie wybranych wyników badań dwóch systemów sterowania oświetleniem: A (z czujnikiem światła odbitego od płaszczyzny roboczej) i B (z czujnikiem światła dziennego). Porównywanymi cechami użytkowymi obu systemów są: utrzymywanie przez system zadanego poziomu natężenia oświetlenia mieszanego oraz reakcje systemu na zmiany dynamiczne oświetlenia dziennego. Wyniki badań cech użytkowych systemów z różnymi czujnikami światła wskazują na znaczące różnice. Porównując badane cechy użytkowe można stwierdzić, że lepszym, spośród badanych, był systemem cyfrowy B. Charakteryzuje się on większą niezawodnością i szybkością działania, powtarzalnością wysterowania stateczników, dobrym utrzymywaniem zaprogramowanego poziomu natężenia oświetlenia i energooszczędnością. Jednak wybór systemu sterowania oświetleniem zależy od wielu czynników, spośród których najważniejsze zostały przedstawione w artykule.

## A study of the functional characteristics of intelligent lighting control systems

When choosing a lighting control system for a building, a type of room and tasks performed in it, one should not only consider its price and energetic efficiency but also the functional parameters that would ensure the workers' safety and visual comfort. The aim of the article was to present selected results of research on two lighting control systems. System A was equipped with a sensor that detected light reflected from a working plane, while System B was equipped with a daylight sensor. The following functional features were examined and compared: the ability of the system to sustain a given level of mixed illuminance and the system's reactions to dynamic changes in daylighting. The results of the study of the functional characteristics of systems with different light sensors indicated significant differences between them. Having compared the examined functional features the authors concluded that System B proved to be better. Its main characteristics were higher reliability and working speed; repetitiveness in steering settings of the electronic ballasts and a good ability to sustain the given illuminance and energetic efficiency. Nevertheless the choice depends on numerous factors, the most important of which have been presented in this article.

## Wprowadzenie

Oświetlenie jest czynnikiem, który współdecyduje o bezpieczeństwie, ergonomii widzenia, estetyce i energooszczędności budynku. Znaczenie określenia „inteligentne” oświetlenie, ewoluuje wraz z rozwojem techniki sterowania oraz stosowanych układów elektronicznych i automatyki. Dzięki zastosowaniu takich systemów można zapewnić odpowiednie oświetlenie, a jednocześnie uzyskać znaczące oszczędności energii elektrycznej zużywanej do tego celu. Obecnie można przyjąć, że „inteligentne” systemy sterowania są to takie analogowe lub cyfrowe systemy sterowania oświetleniem, które dostosowują poziom natężenia oświetlenia elektrycznego odpowiednio do rytmu zmian poziomu światła dziennego dochodzącego do pomieszczenia/stanowiska pracy [1].

Przy wyborze systemu sterowania oświetleniem dla danego budynku, pomieszczenia i wykonywanych w nim zadań powinny być brane pod uwagę parametry użytkowe systemu zapewniające pracownikom bezpieczeństwo i wygodę widzenia, a nie tylko jego cena i aspekt energooszczędności. Producenci deklarują duże oszczędności energii elektrycznej przy zastosowaniu tych systemów (nawet do 70%) i niezawodne ich działanie, natomiast nikt z użytkowników takich danych nie sprawdza i nie weryfikuje. Dotychczasowe doświadczenia autorów związane z działaniem jednego z „inteligentnych” systemów sterowania oświetleniem wskazały na wiele wadliwych zachowań, które w konsekwencji mogą wpływać na bezpieczeństwo i komfort widzenia użytkowników. Do takich zachowań można zaliczyć m.in.: [2, 3]

- gorszą stabilność działania i mniejszą dokładność ustawień poziomu natężenia oświetlenia przy większym udziale światła dziennego w oświetleniu mieszanym (oświetlenie mieszane – suma oświetlenia elektrycznego i dziennego)

- występowanie oscylacji poziomu natężenia oświetlenia wokół wartości zaprogramowanej w cyklach kilkuminutowych podczas utrzymywania przez system zaprogramowanego poziomu natężenia oświetlenia

- tendencję do zaniżania przez system poziomu natężenia oświetlenia o około 10% względem poziomu zaprogramowanego

- pojawiające się losowo nieprawidłowości działania systemu, jak np. zaprzestanie samoczynnego ściemniania lub rozjaśniania świecenia opraw, brak reakcji systemu na programowanie lub próby ręcznej regulacji świecenia.

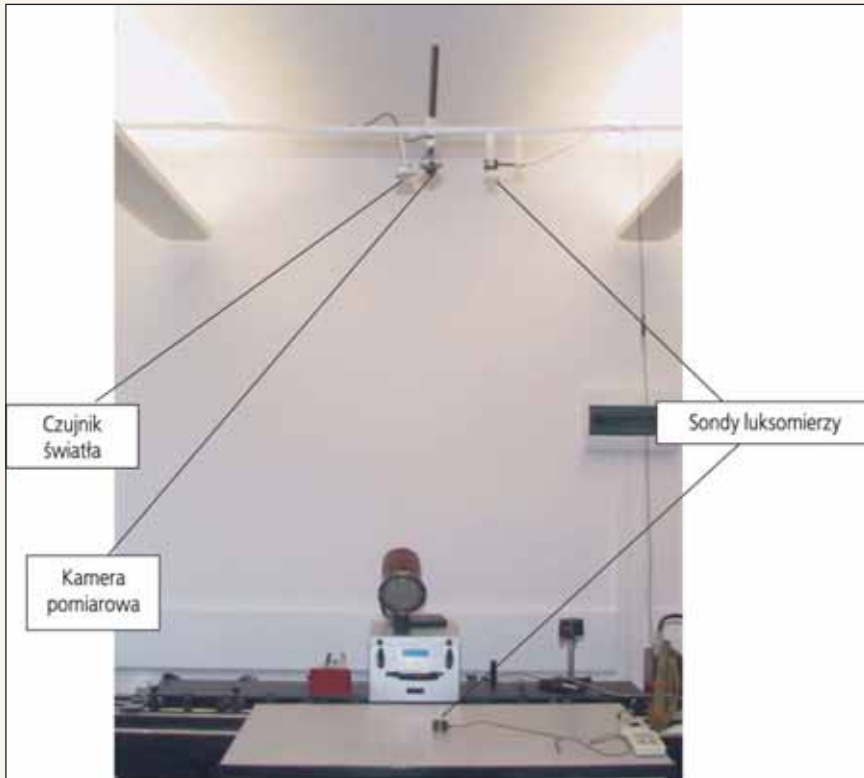
Te nieprawidłowości działania systemów sterowania oświetleniem elektrycznym przyczyniły się do podjęcia decyzji o opracowaniu metody badań i zbadaniu wybranych cech użytkowych różnych „inteligentnych” systemów sterowania oświetleniem występujących na rynku.

Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie wybranych wyników badań dwóch systemów sterowania oświetleniem: A i B. Porównywanymi cechami użytkowymi obu systemów są: utrzymywanie przez system zadanego poziomu natężenia oświetlenia mieszanego oraz reakcje systemu na zmiany dynamiczne oświetlenia dziennego.

## Metoda badań

### Stanowisko do badań

Aby precyzyjnie określić i analizować właściwości użytkowe systemów sterowania potrzebne było obiektywne narzędzie badań, które pozwoliłoby na bieżącą rejestrację pracy systemu sterowania. Takim narzędziem może być oprogramowanie komputerowe



Rys. 1. Widok rozmieszczenia elementów stanowiska pomiarowego nad badaną płaszczyzną roboczą (system A)  
Fig. 1. The placement of the elements of a measurement station above a working plane (System A)

zintegrowane z odpowiednim systemem pomiarowym. W tym celu opracowano specjalne oprogramowanie CamLuxMeter, które przez zintegrowanie z kamerami pomiarowymi, może rejestrować jednocześnie lub oddzielnie przebieg zmian poziomu oświetlenia (poziom oświetlenia – programowo uśredniana jasność obrazu widzianego przez kamerę) w dwóch wybranych charakterystycznych punktach pomieszczenia (np. okno i biurko) [4]. Stanowisko pomiarowe składało się z następujących elementów:

- dwie kamery internetowe rejestrujące poziom oświetlenia
- stanowisko komputerowe z zainstalowanym oprogramowaniem CamLux Meter
- co najmniej dwa luksomierze do sprawdzania poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej oraz przy czujniku światła
- zestaw rolet lub żaluzji do przysłaniania dostępu światła do pomieszczenia.

Badania wykonano w pomieszczeniach CIOP-PIB, w których zainstalowane były badane systemy sterowania. Okna wyposażone były w system rolet, umożliwiających różny stopień przysłonięcia światła dziennego.

Na rys. 1. przedstawiono widok rozmieszczenia elementów stanowiska pomiarowego przy badaniu systemu z czujnikiem światła skierowanym na płaszczyznę roboczą.

### Opis badanych systemów sterowania oświetleniem

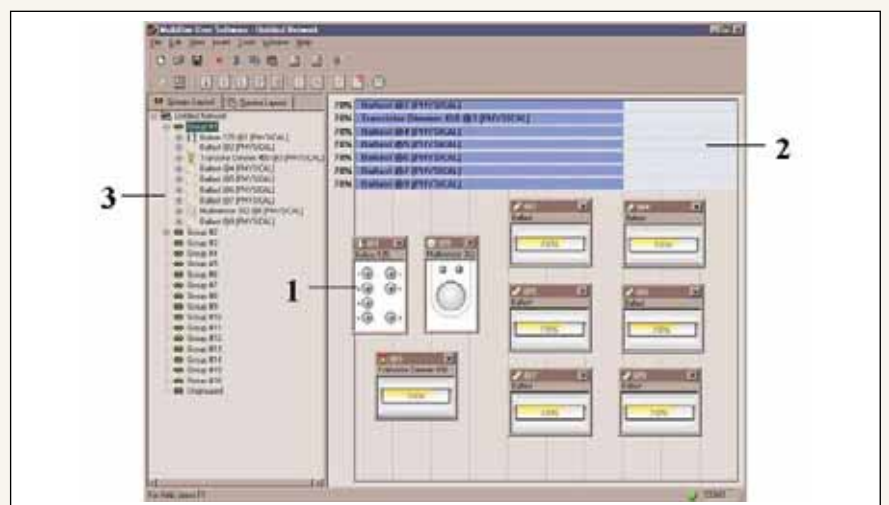
W systemie A czujnik światła jest skierowany na płaszczyznę roboczą, czyli jest czujnikiem światła odbitego od tej płaszczyzny, natomiast w systemie B czujnik światła jest skierowany na okno i jest w rzeczywistości czujnikiem bezpośredniego światła dziennego docierającego do wnętrza pomieszczenia z wycinka nieboskłonu.



Rys. 2. Widok multiczuJNIKA systemu A składającego się z czujników: 1 – światła, 2 – ruchu, 3 – podczerwieni  
Fig. 2. A multisensor of System A: 1. light sensor, 2. motion sensor, 3. infrared sensor

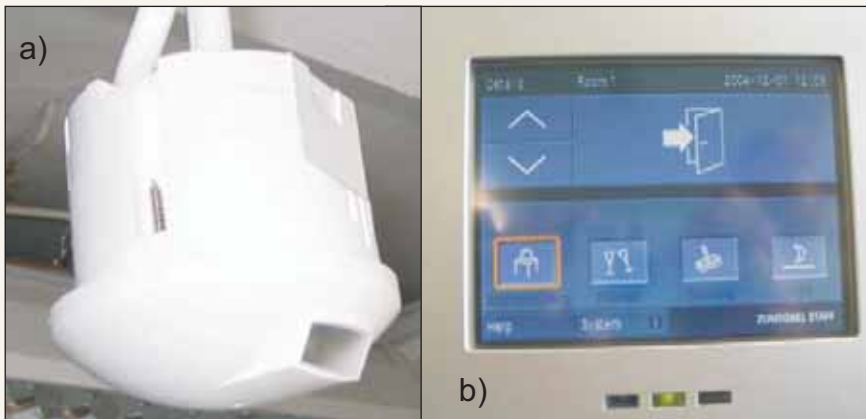
### System A

System sterowania A wyposażony był w czujnik światła odbitego od płaszczyzny roboczej (rys. 2.). Dzięki oprogramowaniu A User Software, możliwe było jego precyzyjne programowanie z jednoczesnym podglądem na ekranie komputera np. procentowego wysterowania stateczników poszczególnych opraw oświetleniowych (rys. 3.), ustawianie i wywoływanie scen oświetleniowych, ustawianie trybu pracy (z aktywnym i nieaktywnym czujnikiem światła), programowanie zadanej poziomu natężenia oświetlenia oraz monitorowanie podczas badań pracy systemu (np. jak system wysterowuje oprawy przy modelowanych dynamicznych zmianach oświetlenia dziennego). Wartości wysterowania wynoszącej 100% odpowiada maksymalne świecenie źródeł światła w oprawach, natomiast każdej wartości mniejszej będzie odpowiadała odpowiednio mniejsza emisja strumienia świetlnego, a tym samym mniejszy poziom natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej. Dysponując tym oprogramowaniem można również zaprogramować dowolne procentowe wysterowania stateczników opraw oświetleniowych.



Rys. 3. Okno programu A User Software: 1 – wirtualny panel sterowniczy; 2 – wskaźniki procentowej emisji strumienia świetlnego poszczególnych opraw; 3 – okno umożliwiające grupowanie opraw

Fig. 3. A typical User Software window: 1. virtual control panel, 2. percentage luminous flux emission indicators for each luminaire, 3. a window for grouping luminaires



Rys. 4. Czujnik światła dziennego – a; panel sterowniczy systemu B – b  
Fig. 4. a. daylight sensor; b. control panel of System B

### System B

System sterowania B wyposażony był w czujnik bezpośredniego światła dziennego docierającego do wnętrza pomieszczenia z wycinka nieboskłonu (rys. 4.). Dzięki panelowi sterującemu, którego integralnym elementem jest dotykowy ekran ciekłokrystaliczny oraz odpowiednie oprogramowanie, możliwa była normalna obsługa systemu (włączanie, wyłączanie, wybór scen oświetleniowych), programowanie i podgląd pracy systemu na ekranie panelu.

Aby system pracował w trybie z aktywnym czujnikiem światła i odpowiednio sterował ściemnianiem i rozjaśnianiem świecenia opraw, należy wprowadzić do systemu tzw. krzywąysterowania dla danej grupy opraw. Krzywa ta odzwierciedla procentoweysterowanie systemu w zależności od natężenia oświetlenia dziennego mierzonego przez czujnik światła.

### Zaprogramowanie badanych systemów: sceny oświetleniowe

Programowanie każdego z systemów sterowania oświetleniem polega na zadaniu mu odpowiednich parametrów ustawień, które decydują o rozjaśnianiu i ściemnianiu oświetlenia elektrycznego przez system. Każdemu zaprogramowanemu i zapamiętanemu ustawieniu przypisuje się tzw. scenę oświetleniową.

W przypadku systemu A sceny oświetleniowe określono przez ustawienie (z wykorzystaniem oprogramowania) różnych procentowychysterowań stateczników w oprawach, którym odpowiadały różne strumienie świetlne emitowane przez świetlówki, a tym samym różne programowane poziomy natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej. Badania wykonano dla trzech scen oświetleniowych wywołanych w trybie aktywnego czujnika światła, którym odpowiadało następująceysterowanie stateczników: 25%, 50% i 75%, a odpowiadający im zaprogramowany poziom natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej zestawiono w tabeli 1.

W przypadku systemu B badania przeprowadzono podczas trzech scen oświetleniowych wywołanych w trybie aktywnego czujnika światła, opisanych przez krzyweysterowania przedstawione na rys. 5. (str. 16.). Miejsce przecięcia osi poziomej przez krzywąysterowania wyznacza punkt, w którym system wyłącza oświetlenie elektryczne (ysterowanie 0%), gdy dana wartość natężenia oświetlenia dziennego zostanie zmierzona przez czujnik światła. W scenie „pochmurna” i „pomiar” obie grupy opraw w pomieszczeniu (grupa 1. – rząd opraw bliżej okien, grupa 2. – rząd opraw dalej od okien) przypisane miały jedną krzywąysterowania. W scenie „słoneczna” oprawy grupy 1. (GR I) i grupy (GR II) miały różne krzyweysterowania.

### Metoda badania reakcji systemu na zmiany dynamiczne oświetlenia dziennego

Badania reakcji systemu na zmiany dynamiczne oświetlenia dziennego polegały na sprawdzeniu działania systemu przy nagłych (dynamicznych) zmianach ilości światła dziennego docierającego do wnętrza pomieszczenia. Zmiany dynamiczne ilości światła dziennego docierającego do czujnika światła modelowano za pomocą szybkiego otwierania i zamykania okna. Wszystkie okna w pomieszczeniu były całkowicie zasłonięte roletami, wobec czego otworzenie okna powodowało nagły znaczący

wzrost ilości światła dziennego w pomieszczeniu, a jego zamknięcie – nagły spadek. Przebieg eksperymentu był następujący:

- ok. 30 s – rejestracja pracy systemu przy ustalonym poziomie oświetlenia elektrycznego (wszystkie okna zasłonięte roletami)
- otworzenie okna i rejestracja pracy systemu przez ok. 4 min dla systemu A i 2 min dla systemu B
- zamknięcie okna i rejestracja pracy systemu przez ok. 4 min dla systemu A i 2 min dla systemu B.

### Metoda badań utrzymywania przez system zadanego poziomu oświetlenia mieszane

Badania utrzymywania przez system zadanego poziomu oświetlenia mieszane wykonywano w wydłużonym okresie przy zadanej scenie oświetleniowej i przy niezmienionym przesłonięciu okien tak, aby do stanowiska pracy dochodziło światło dzienne z takiego samego wycinka nieboskłonu. Pomiar polegał na jednoczesnej rejestracji przez 5 minut światła odbitego od płaszczyzny roboczej (kamera skierowana na biurko) oraz światła dziennego (kamera skierowana na wycinek nieboskłonu za oknem), a także odczytanie poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej. Rejestracja ta prowadzona była w odstępach czasowych, co godzinę w ciągu zmiany roboczej od godziny 8.00 do 16.00.

### Wyniki badań

#### Wyniki badań reakcji systemu na zmiany dynamiczne oświetlenia dziennego

##### System A

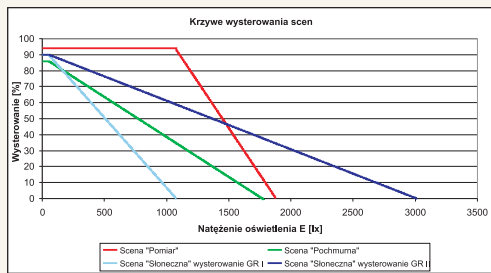
Wyniki pomiarów zmian dynamicznych natężenia oświetlenia przy poszczególnych procentowychysterowaniach stateczników przedstawiono jako funkcję unormowanego poziomu oświetlenia mierzonego przez kamerę przy czujniku światła (pomiar światła odbitego od płaszczyzny roboczej) w czasie rejestracji (rys. 6.). Unormowany poziom oświetlenia jest to iloraz wartości zmierzonej przez kamerę w danym momencie czasowym i wartości maksymalnej otrzymanej z pomiarów dla wszystkich badanychysterowań procentowych stateczników.

Tabela 1

ZAPROGRAMOWANY POZIOM NATĘŻENIA OŚWIETLANIA PRZY POSZCZEGÓLNYCH SCENACH OŚWIETLENIOWYCH SYSTEMU A [5]

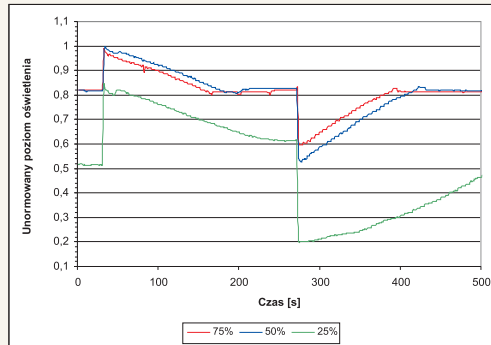
A programmed level of illuminance depending on individual lighting scenes of system A [5]

Scena oświetleniowa	Ysterowanie procentowych stateczników	Zaprogramowane natężenie oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, lx
1	25%	447
2	50%	852
3	75%	1024



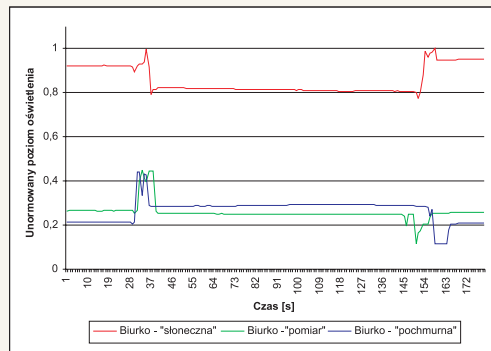
Rys. 5. Krzyweysterowania w badanych scenach oświetleniowych dla systemu B [5]

Fig. 5. Curves of steering settings for the lighting scenes of system B [5]



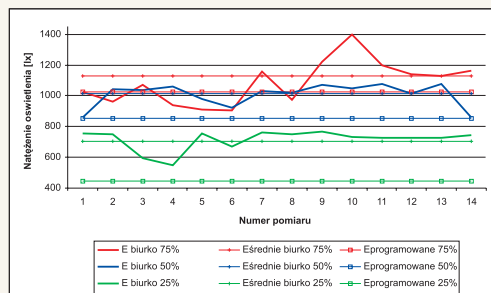
Rys. 6. Zmiany unormowanego poziomu oświetlenia przy dynamicznych zmianach oświetlenia dla 75%, 50% i 25% wysterowania stateczników dla systemu A [5]

Fig. 6. Changes in the level of normalized lighting depending on dynamically changing lighting conditions for electronic ballasts settings of 75%, 50% and 25% of System A [5]



Rys. 7. Zmiany unormowanego poziomu oświetlenia na biurku przy dynamicznych zmianach dla trzech badanych scen oświetleniowych: „słoneczna”, „pochmurna” i „pomiar” dla systemu B [5]

Fig. 7. Changes in the level of normalized lighting on a desktop depending on the dynamic changes in lighting scenes: „sunny”, „cloudy” and „measurement” of System B [5]



Rys. 8. Utrzymywany poziom natężenia oświetlenia na biurku oraz zaprogramowany poziom natężenia oświetlenia przy poszczególnych scenach oświetleniowych systemu A [5]

Fig. 8. Sustained level of desktop illuminance and programmed level of illuminance depending on individual lighting scenes of System A [5]

Analizując przebiegi wykresów dla poszczególnych procentowych wysterowań stateczników, można stwierdzić, że [5]:

- przy nagłym rozjaśnieniu płaszczyzny roboczej (otwarcie okna) występuje porównywalna szybkość działania systemu (nachylenie krzywej jest takie samo), jednak przy wyższych poziomach wysterowania (50% i 75%) system szybciej dochodzi do początkowego poziomu oświetlenia (po około 120-140 s) niż przy 25-procentowym wysterowaniu; w czasie rejestrowanych 4 minut po otwarciu okna system nie „zdąży” ściemnić oświetlenia do poziomu wyjściowego przy 25-procentowym wysterowaniu

- przy nagłym ściemnieniu płaszczyzny roboczej (zamknięcie okna), podobnie jak przy otwarciu okna, występuje porównywalna szybkość działania systemu dla wyższych poziomów wysterowania (50-procentowego i 75-procentowego), (nachylenie krzywej jest takie samo) i system dość szybko dochodzi do poziomu oświetlenia wyjściowego (po około 120-140 s); natomiast przy 25-procentowym wysterowaniu występowało powolniejsze narastanie rozjaśnienia, a w czasie rejestrowanych 4 minut po zamknięciu okna system nie „zdąży” rozjaśnić oświetlenia do poziomu wyjściowego.

#### System B

Wyniki pomiarów zmian dynamicznych natężenia oświetlenia przy poszczególnych scenach oświetleniowych, charakteryzujących się różnymi krzywymi wysterowania, przedstawiono na rys. 7.

Podniesienie rolety przed czujnikiem światła zarejestrowane zostało przez system pomiarowy jako gwałtowny wzrost poziomu oświetlenia, a system oświetleniowy w każdym przypadku natychmiast reagował. Podczas badanych scen oświetleniowych stwierdzono, że [5]:

- reakcja na nagłe rozjaśnienie wynosiła: 1-2 s
- czas potrzebny na ustabilizowanie się natężenia oświetlenia na biurku do stałego poziomu wynosił: 3-7 s

- po ustabilizowaniu się, system utrzymywał stały poziom natężenia oświetlenia na biurku podczas całej ok. 2-minutowej rejestracji.

Opuszczenie rolety przed czujnikiem światła – zarejestrowane zostało przez system pomiarowy jako gwałtowny spadek poziomu oświetlenia, a system oświetleniowy w każdym przypadku natychmiast reagował. W odniesieniu do badanych scen oświetleniowych stwierdzono, że:

- reakcja na nagłe ściemnienie wynosiła: 1-2 s
- czas potrzebny do ustabilizowania się natężenia oświetlenia na biurku do stałego poziomu wynosił: 7-10 s.

Podsumowując można zauważyć, że bez względu na krzywą wysterowania system natychmiast reaguje zarówno na nagłe rozjaśnienie, jak i ściemnienie światła dziennego docierającego do czujnika, ale potrzebuje więcej czasu na ustabilizowanie się poziomu oświetlenia na płaszczyźnie roboczej po nagłym ściemnieniu oświetlenia (opuszczenie rolety).

#### Wyniki badań utrzymywania zadanego poziomu natężenia oświetlenia

##### System A

Zestawienie wyników pomiarów utrzymwanego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej (biurku) przy poszczególnych scenach oświetleniowych (dla każdego pomiaru oraz średniej wartości ze wszystkich pomiarów) oraz zaprogramowanego poziomu natężenia oświetlenia przedstawiono na rys. 8.

Uzyskane wyniki pomiarów wskazują na dość duże zmiany w utrzymywanym poziomie natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, który w zależności od procentowego wysterowania stateczników zmieniał się w zakresie [5]:

- od 905 lx do 1400 lx, czyli odnotowany zakres zmian wynosił 495 lx przy 75-procentowym wysterowaniu

- od 858 lx do 1076 lx, czyli odnotowany zakres zmian wynosił 218 lx przy 50-procentowym wysterowaniu

- od 551 lx do 767 lx, czyli odnotowany zakres zmian wynosił 216 lx przy 25-procentowym wysterowaniu.

Wyliczona z pomiarów wartość średnia natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej w czasie rejestracji w odniesieniu do poszczególnych wysterowań procentowych stateczników wynosiła:

$E_{S75\%} = 1127$  lx, podczas gdy zaprogramowana wartość wynosiła 1024 lx

$E_{S50\%} = 1013$  lx, podczas gdy zaprogramowana wartość wynosiła 852 lx

$E_{S25\%} = 704$  lx, podczas gdy zaprogramowana wartość wynosiła 447 lx.

Podsumowując można zauważyć, że przy 75-procentowym wysterowaniu stateczników występuje największy zakres zmian utrzymwanego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, jak również tylko przy tej scenie poziom natężenia oświetlenia nie zawsze osiągał co najmniej wartość zaprogramowaną (system nie zwiększał emisji strumienia świetlnego choć, powinien to zrobić).

##### System B

Zestawienie wyników pomiarów utrzymwanego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej (biurku) przy poszczególnych scenach oświetleniowych (dla każdego pomiaru oraz średniej wartości ze wszystkich pomiarów) oraz zaprogramowanego poziomu natężenia oświetlenia przedstawiono na rys. 9.

Uzyskane wyniki pomiarów wskazują na dość duże zmiany w utrzymywanym poziomie natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, które w zależności od sceny oświetleniowej zmieniały się w zakresie [5]:

- od 290 lx do 491 lx, czyli odnotowany zakres zmian wynosił 201 lx przy scenie „słoneczna”

- od 643 lx do 734 lx, czyli odnotowany zakres zmian wynosił 91 lx przy scenie „pomiar”

• od 210 lx do 409 lx, czyli odnotowany zakres zmian wynosił 199 lx przy scenie „pochmurna”.

Wyliczona z pomiarów wartość średnia natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej w czasie, w odniesieniu do poszczególnych scen oświetleniowych wynosiła:

$$E_{sr}^{„słoneczna”} = 377 \text{ lx}$$

$$E_{sr}^{„pomiar”} = 698 \text{ lx}$$

$$E_{sr}^{„pochmurna”} = 305 \text{ lx.}$$

Podsumowując można zauważyć, że przy scenie „pomiar” wystąpił najmniejszy zakres zmian utrzymywanego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej, co wynikało głównie z faktu, że mierzone przez czujnik światła natężenie oświetlenia dziennego było przez cały okres pomiaru w zakresie stałego 94-procentowego wysterylowania opraw oświetleniowych (w części krzywej równoległej do osi poziomej – rys. 5.). Tak więc zakres zmian przy badanych warunkach pogodowych wynikał tylko ze zmian docierającego do biurka światła dziennego.

**Podsumowanie**

Wyniki badań cech użytkowych systemów z różnymi czujnikami światła wskazują na znaczące różnice, które zestawiono w tabeli 2.

Porównując badane cechy użytkowe można stwierdzić, że lepszym, spośród badanych, był systemem cyfrowy B z czujnikiem światła dziennego. Charakteryzuje się on większą niezawodnością i szybkością działania, powtarzalnością wysterylowania stateczników, dobrym utrzymywaniem zaprogramowanego poziomu natężenia oświetlenia i energooszczędnością.

Wyraźne różnice między cechami użytkowymi badanych systemów sterowania oświetleniem

powinny być przeanalizowane i uwzględniane przy wyborze konkretnego systemu sterowania oświetleniem, który powinien uwzględniać m.in.:

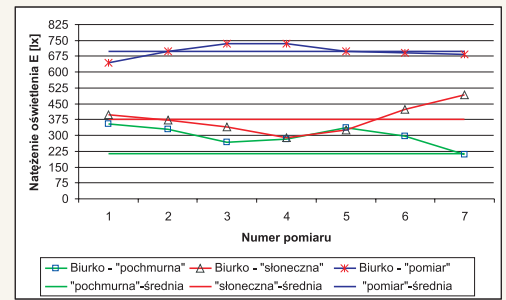
- wielkość pomieszczenia, liczbę i rozmieszczenie stanowisk pracy w pomieszczeniu (w dużych i wielostanowiskowych pomieszczeniach może być konieczność zainstalowania kilku czujników światła, odpowiednio „widzących” kolejne płaszczyzny pracy lub wycinki niebosktonu za oknem; w małych pomieszczeniach zwykle wystarczy jeden czujnik światła)
- występowanie przesłon w rozchodzeniu się światła dziennego w pomieszczeniu (w biurach typu otwartego, gdzie stanowiska oddzielone są ściankami działowymi lub ekranami, lepiej jest zastosować czujniki światła odbitego od płaszczyzny roboczej)
- dostępność światła dziennego (w przypadku, kiedy praktycznie nie ma udziału światła dziennego w oświetleniu pomieszczenia, można wybrać system sterowania bez czujnika światła, a tylko z czujnikiem obecności)
- rozkład okien w pomieszczeniu i usytuowanie względem nich stanowisk pracy (zwłaszcza gdy czujnik światła jest skierowany na wycinek niebosktonu)
- występowanie przesłon okien (żaluzje, rolety, zasłony) i częstotliwość dokonywania zmian przesłonięcia okien przez użytkowników (przy częstych zmianach przesłonięcia okien nie jest zalecany system z czujnikiem światła dziennego)
- wyposażenie pomieszczenia – barwa i współczynniki odbicia powierzchni roboczej i innych powierzchni (te cechy pomieszczenia mają istotny wpływ na pracę systemu z czujnikiem światła odbitego od powierzchni roboczej)
- łatwość obsługi systemu
- niezawodność działania

Tabela 2

**ZESTAWIENIE WYBRANYCH CECH UŻYTKOWYCH ZWIĄZANE Z CZUJNIKIEM ŚWIATŁA BADANYCH SYSTEMÓW STEROWANIA OŚWIETLENIEM [5]**

*Selected functional features related to the light sensor of lighting control systems [5]*

Cecha użytkowa systemu	Badany system sterowania	
	A	B
Utrzymywanie zaprogramowanego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej	słabe: przez większość czasu utrzymywany poziom nawet o 71% wyższy	dobrze: zależy od właściwego zaprogramowania krzywej wysterylowania
Szybkość reakcji systemu przy zmianach dynamicznych	bardzo duża (1-2 s)	bardzo duża (1-2 s)
Czas dostosowania poziomu oświetlenia elektrycznego przy dynamicznych zmianach oświetlenia dziennego	długi: ściemnianie: 140 s do ponad 240 s, rozjaśnianie: 120 s do ponad 240 s	krótki: ściemnianie: 3-7 s, rozjaśnianie: 7-10 s
Powtarzalność wysterylowania stateczników przy zaprogramowanych scenach	mała	bardzo duża
Zawieszanie się systemu	częste	nie występowało
Techniczne programowanie systemu	dość trudne	łatwe
Właściwe zaprogramowanie wymaganego poziomu natężenia oświetlenia	łatwe	wymaga wcześniejszego doświadczenia/praktyki
Możliwość ingerencji użytkownika w zaprogramowane ustawienia poziomów oświetlenia	ograniczona lub duża (w zależności od zastosowanego sposobu programowania: pilot, panel, oprogramowanie)	ograniczona (zabezpieczenie hasłem w panelu sterowniczym)
Energooszczędność wynikająca z właściwego utrzymywania poziomów natężenia oświetlenia na powierzchni roboczej	średnia	duża



Rys. 9. Utrzymywany poziom natężenia oświetlenia na biurku przy poszczególnych scenach oświetleniowych systemu B [5]

*Fig. 9. Sustained level of desk illuminance for individual lighting scenes of System B [5]*

- liczba opraw, pomieszczeń, które system ma obsługiwać
- koszt systemu sterowania i potencjalne oszczędności, które powinny być jednym – a nie jedynym decydującym argumentem przy wyborze systemu sterowania.

**PIŚMIENNICTWO**

[1] A. Wolska *Inteligentny system sterowania oświetleniem – przykłady rozwiązań i zastosowań*. „Bezpieczeństwo Pracy” 2 (413) 2006

[2] A. Wolska, A. Pawlak, R. Kosiński, I. Skwarek *Opracowanie i wdrożenie procedur badań i oceny systemów oświetlenia stanowisk pracy o szczególnym obciążeniu narządu wzroku. Sprawozdanie z drugiego punktu kontrolnego zadania SP 5.3. pt. Badania systemów doświetlenia światłem elektrycznym przy niedostatecznym oświetleniu dziennym na stanowisku z komputerem – reprezentatywnym dla pracy o szczególnym obciążeniu narządu wzroku*. CIOP-PIB, Warszawa 2003

[3] A. Wolska, R. Kosiński, A. Pawlak *Istotne cechy użytkowe cyfrowego systemu sterowania oświetleniem wykorzystującego protokół DALI*. „Elektroinstalator” 3, 2004

[4] A. Wolska, P. Konieczny, A. Pawlak *Opracowanie charakterystyki własności użytkowych tzw. „inteligentnych” systemów sterowania oświetleniem pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy i wygody widzenia. Sprawozdanie z drugiego punktu kontrolnego zadania SP 05.9 pt. Opracowanie metodyki badań oraz przeprowadzenie badań pilotażowych wybranych własności użytkowych „inteligentnego” systemów sterowania oświetleniem*. CIOP-PIB, Warszawa 2006

[5] A. Wolska, M. Stefański, A. Pawlak *Opracowanie charakterystyki własności użytkowych tzw. inteligentnych systemów sterowania oświetleniem pod względem zapewnienia bezpieczeństwa pracy i wygody widzenia. Sprawozdanie z trzeciego punktu kontrolnego zadania SP 05.9 pt. Przeprowadzenie badań własności użytkowych decydujących o bezpieczeństwie i wygodzie widzenia użytkowników dla trzech wybranych „inteligentnych” systemów sterowania oświetleniem oraz opracowanie poradnika nt. własności użytkowych „inteligentnych” systemów sterowania oświetleniem i metodyce badania poprawności działania takich systemów*. CIOP-PIB, Warszawa 2007

*Publikacja przygotowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowanego w latach 2005–2007 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*