

Sławomir SOWA*

SPOSOBY POPRAWY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ INSTALACJI OŚWIETLENIOWYCH W BUDYNKACH UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Efektywność energetyczna jest pojęciem stosowanym coraz częściej w zagadnieniach związanych z energooszczędnością oraz audytami energetycznymi obiektów. Poprawna efektywności energetycznej jest celem, które wyznacza sobie każdy z użytkowników, właścicieli obiektu. Jest także pakietem działań, których wprowadzanie narzucone zostało m.in. przez Unię Europejską. W artykule omówiono sposoby, możliwości poprawy efektywności energetycznej w instalacjach oświetleniowych obiektów użyteczności publicznej, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów edukacyjnych.. Przedstawiono również szacunkowe obliczenia, które wykazują zmniejszenie zużycia energii elektrycznej przy wprowadzaniu danego sposobu oszczędności. Opisane sposoby mogą być stosowane rozdzielnie lub łączone, co zwiększy efektywność energetyczną. Zagadnienie poprawy efektywności energetycznej zarówno poszczególnych instalacji jak i całych obiektów znajduje się w kręgu zainteresowania ustawodawców, właścicieli obiektów, jak również naukowców. Wzrost efektywności energetycznej obiektów prócz oszczędności w zużyciu energii elektrycznej i ciepła, to także większa dbałość o środowisko naturalne i zwiększenie komfortu użytkowania obiektów. Zaproponowane rozwiązania mogą być wykorzystane w większości budynków. Jedynie ich szczegółowa specyfika (konstrukcja, położenie, charakter użytkowania) decyduje o rodzaju, sposobie i zakresie zaimplementowania systemu poprawy efektywności energetycznej. Publikacja charakteryzuje różne sposoby poprawy efektywności energetycznej w instalacjach oświetleniowych, co może być pomocne przy podejmowaniu decyzji o wyborze odpowiedniego systemu i szacowaniu oszczędności, jakie przyniesie jego implementacja.

SŁOWA KLUCZOWE: efektywność energetyczna, oszczędność w zużyciu energii, sterowanie oświetleniem, instalacje fotowoltaiczne.

1. WSTĘP

1.1. Zagadnienie efektywności energetycznej

Efektywność energetyczna jest zagadnieniem mającym duże znaczenie między innymi w budownictwie. Potwierdzeniem istotności tego pojęcia jest fakt, iż

* Politechnika Poznańska

definiuje je ustawa [1]. Określa ona efektywność energetyczną, jako stosunek uzyskanej wielkości efektu do ilości zużytej energii przez dany obiekt, urządzenie, niezbędnej do osiągnięcia założonego celu. Oczywiście wszelkie dążenia będą zmierzały do osiągnięcia zamierzonego efektu przy wykorzystaniu jak najmniejszej ilości energii.

Wprowadzanie działań i rozwiązań, które będą zmierzały do ograniczenia zużycia energii finalnej, nakazuje Dyrektywa Unii Europejskiej [2]. Zobowiązania zawarte w tym dokumencie zobowiązują wszystkie kraje członkowskie do ograniczenia zużycia energii końcowej o 1,5% w skali roku. Podejmowanie działań, które ograniczą zużycie energii końcowej jest, więc usankcjonowane dyrektywami unijnymi i krajowymi. Poprawa efektywności energetycznej budynków i instalacji, dotyczy zarówno istniejących jak i nowoprojektowanych obiektów.

1.2. Sposoby określania zużycia energii na oświetlenie

Istnieją różne metody określania zużycia energii elektrycznej w instalacjach oświetleniowych. Na rysunku 1 przedstawiono sposoby określenia zużycia energii elektrycznej w instalacjach oświetleniowych. W praktyce stosujemy metodę obliczeniową oraz metodę opartą na pomiarach. Obliczenia mogą zostać wykonane metodą szybką lub metodą kompleksową.

Metoda szybka określa wskaźnik liczbowy energii na oświetlenie LENI (*Lighting Energy Numeric Indicator*). Wskaźnik zużycia energii dla budynku:

$$LENI = \frac{W}{A} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot rok} \right] \quad (1)$$

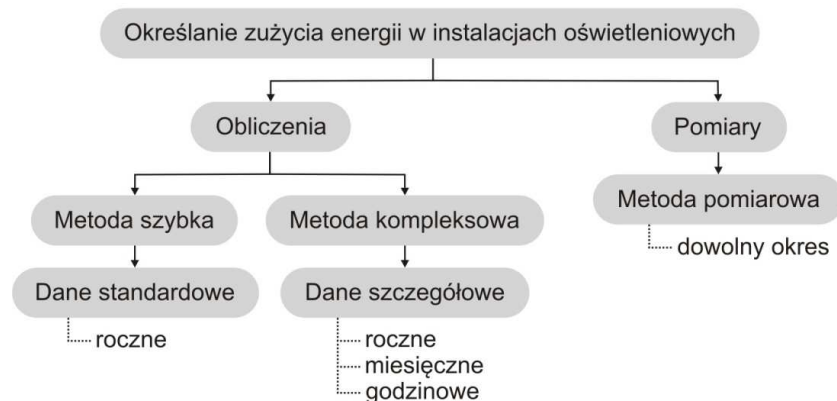
gdzie: A - całkowita powierzchnia użytkowa budynku [m²],

Przy stosowaniu szybkiej metody szacowania rocznej energii na oświetlenie dla typowych budynków należy zastosować równanie:

$$LENI = \left\{ \frac{F_{ca} P_N}{1000} \cdot [(t_D \cdot F_D \cdot F_o) + (t_N \cdot F_o)] \right\} + 1 + \left\{ \frac{5}{t_y} \cdot [t_y - (t_D + t_N)] \right\} \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot rok} \right] \quad (2)$$

Wartości parametrów występujących w powyższym wzorze przyjmuje się korzystając z danych podanych w normie [3]. Dla budynków edukacyjnych wynoszą one:

- P_N = 15, 20 lub 25 W/m²,
- t_D = 1800 h,
- t_N = 200 h,
- F_o – dla systemu automatycznego sterowania oświetlenia z utrzymywaniem stałego natężenia oświetlenia wynosi 0,9, natomiast dla sterowania ręcznego bez utrzymywania stałego natężenia oświetlenia wynosi 1,
- F_D – dla sterowania ręcznego wynosi 1, dla sterowania automatycznego z wykorzystaniem światła dziennego wynosi 0,8.



Rys. 1. Sposoby zużycia energii w instalacjach oświetleniowych

Drugim sposobem obliczenia zużycia energii elektrycznej na oświetlenie jest metoda kompleksowa. Metoda ta pozwala na dokładniejsze określenie szacunkowych wartości energii oświetlenia dla różnych okresów, np. roku lub miesiąca. Metoda ta może być stosowana w dowolnych okresach i miejscach, pod warunkiem, pełnego oszacowania obecności i dostępności światła dziennego. Dowolność czasu i miejsca wynika z faktu, iż oświetlenie w budynkach musi zawsze odpowiadać wartościom podanym w normie [4]. Należy pamiętać, że oszacowanie zapotrzebowania na energię metodą szybką, przyniesie wyższe wartości LENI niż uzyskiwane dzięki dokładniejszej metodzie kompleksowej.

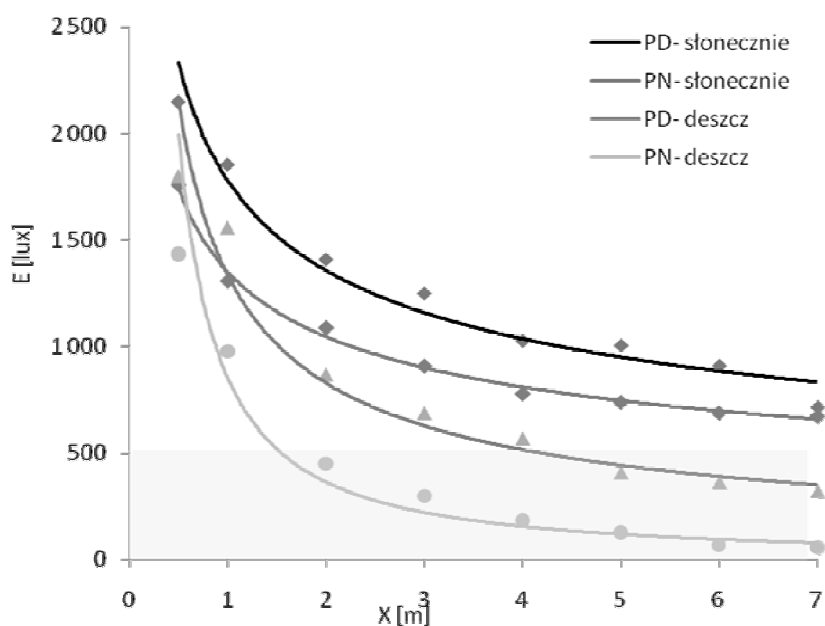
2. SPOSOBY OSZCZĘDNOŚCI W ZUŻYCIU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

2.1. Wykorzystanie światła dziennego

W pomieszczeniach, do których dociera naturalne światło dzienne należy rozważyć wykorzystanie promieniowania słonecznego do oświetlenia wnętrza. Światło dzienne powinno być wykorzystane w maksymalnym stopniu zapewniając właściwe, wymagane przepisami i normami natężenie oświetlenia pomieszczeń. Oszczędności wynikające z wykorzystania światła dziennego będą wynikały z możliwości wyłączenia oświetlenia sztucznego w czasie i miejscu, w którym naturalne światło zapewnia właściwe natężenie oświetlenia w danym miejscu. Dodatkowo można ograniczyć zużycie energii elektrycznej poprzez wyłączenie wybranych opraw oświetleniowych lub zmniejszenie mocy źródeł światła do poziomu zapewniającego właściwe wartości natężenia oświetlenia. Wykorzystanie światła dziennego, jako czynnika wpływającego na poprawę efektywności energetycznej będzie najefektywniejsze przy zastosowaniu systemu sterowania oświetleniem. Przykłady takich układów sterowania opisano

w punkcie 2.2 niniejszej pracy. Zapewnienie maksymalnego udziału w oświetleniu pomieszczeń światłem dziennym wymaga znajomości rozkładów natężenia oświetlenia w danym pomieszczeniu [5]. Dzięki wyznaczonym rozkładom można odpowiednio zaimplementować sterowanie poszczególnymi oprawami oświetleniowymi poprzez ich załączanie i wyłączanie oraz ściemnianie i rozjaśnianie. Przykładowy rozkład natężenia oświetlenia dla pomieszczeń położonych od strony PD i PN w budynku edukacyjnym, przedstawia rysunek 2. Na wykresie został zaznaczony obszar, dla którego natężenie światła dziennego jest wystarczające.

Wykorzystanie światła dziennego, jako sposobu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej na oświetlenie jest możliwy przy jednoczesnym zastosowaniu systemu sterowania oświetleniem. Urządzenia automatyki sterującej oświetleniem zapewnią wymagane natężenie oświetlenia na całej powierzchni pomieszczenia redukując jednocześnie zużycie energii elektrycznej poprzez regulację poszczególnymi oprawami oświetleniowymi w pomieszczeniu. Wielkość oszczędności, jaką można uzyskać podano w punkcie 3 tego artykułu.



Rys. 2. Rozkład natężenia oświetlenia dla różnych warunków atmosferycznych

Z przykładowego przebiegu rozkładu natężenia oświetlenia w pomieszczeniach wynika, że w pochmurny, deszczowy dzień w pomieszczeniu od strony PN na całej głębokości pomieszczenia nie ma wymaganego natężenia oświetlenia. W tej sytuacji musi zostać załączone oświetlenie sztuczne w całym pomieszczeniu. W tym samym dniu i czasie, przeprowadzone badania pokazują, że

od strony PD, wymagane natężenie oświetlenia jest zapewnione do 6 m w odległości od okna. Oznacza to jedynie konieczność załączenia opraw oświetleniowych zainstalowanych po przeciwnej stronie okien. Reszta źródeł oświetleniowych może zostać wyłączona. Z wykresu, przedstawiającego wyniki pomiarów natężenia światła dziennego, wynika, że w pogodny, słoneczny dzień, w pomieszczeniach od strony PD i PN, jest zapewnione wymagane natężenie światła. Oznacza to, że oświetlenie sztuczne może być w tych pomieszczeniach całkowicie wyłączone. Szacowane oszczędności wynikające z wykorzystania oświetlenia dziennego zostały przedstawione w dalszej części artykułu.

2.2. Implementacja systemu sterowania oświetleniem

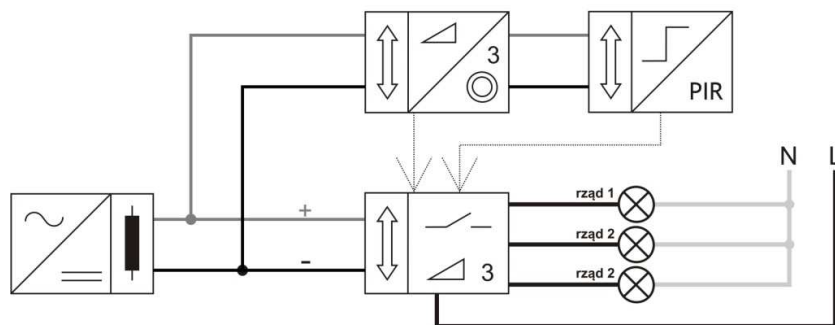
Kolejnym sposobem zwiększenia efektywności energetycznej instalacji oświetleniowych jest zastosowanie systemu sterowania oświetleniem. Wyróżniamy kilka sposobów sterowania oświetleniem. Wybór odpowiedniego rodzaju zależy od specyfiki obiektu, rodzaju pomieszczeń, miejsca implementacji i rodzaju opraw oświetleniowych. Podstawowym sposobem sterowania oświetleniem jest sterowanie typu on/off. Wybór systemu sterowania typu załącz/wyłącz może zapewnić automatyczne wyłączanie oświetlenia np. podczas nieobecności użytkownika w pomieszczeniu. Prawidłowe działanie tego sposobu sterowania będzie związane z takim dobraniem nastaw urządzeń automatyki, aby w pomieszczeniu nie dochodziło do zbyt częstego załączania i wyłączania oświetlenia podczas braku ruchu przebywających osób w pomieszczeniu. Najczęściej problem ten rozwiązuje się odpowiednim czasem zwłoki nastawianym w układach sterujących obwody oświetleniowe. Zwiększenie oszczędności w tym rodzaju sterowania możemy osiągnąć poprzez możliwość wyłączania i załączania odpowiedniej grupy lamp (np. w rzędach) lub pojedynczych opraw oświetleniowych. Jak wykazują badania ten sposób sterowania pozwala na osiągnięcie oszczędności do 45% całkowitego zużycia energii na oświetlenie [6].

Kolejnym sposobem sterowania jest sterowanie typu ściemnij/rozjaśnij. Ten rodzaj sterowania oświetleniem pozwala oprócz załączania i wyłączania opraw oświetleniowych, na regulację mocy źródeł oświetlenia. Dzięki temu możemy wprowadzić oszczędności w zużyciu energii elektrycznej poprzez zmniejszenie mocy oświetlenia, w sytuacjach, w których nie ma potrzeby oświetlenia działającego z pełną mocą. Takie rozwiązanie można wprowadzić np. w szkołach, gdzie na korytarzach i klatkach schodowych podczas zajęć, urządzenia sterujące obniżą moc opraw oświetleniowych do 20%, natomiast po rozpoczęciu przerwy oświetlenie będzie działało z pełną mocą. Przykładowy schemat instalacji sterowanej w układzie ściemnij/rozjaśnij przedstawiono na rysunku 3.

W pokazanej instalacji istnieje możliwość regulacji natężenia oświetlenia w 3 rzędach niezależnie. Dodatkowo zastosowany czujnik ruchu PIR będzie informował o obecności użytkownika w pomieszczeniu i sterował załączaniem i wy-

łączaniem oświetlenia. Zaproponowano wykorzystanie standardu KNX, który można z łatwością implementować w nowych jak i istniejących instalacjach oświetleniowych. Szacunki i obliczenia pokazują, iż ten sposób sterowania pozwala osiągnąć oszczędności na poziomie do 47% końcowego zużycia energii, w porównaniu z instalacją, która nie posiada tego typu sterowania.

Trzecim sposobem sterowania jest regulacja źródeł oświetlenia z wykorzystaniem światła dziennego. Przedstawiony w pkt. 2.1. tego artykułu rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniu, można wykorzystać do systemu sterowania oświetleniem, umożliwiając wyłączenie odpowiednich opraw oświetleniowych w miejscu, gdzie jest zapewnione natężenie światła dziennego. W ten sam sposób można dokonywać regulacji mocy poszczególnych źródeł oświetlenia, zapewniając wymagane natężenie oświetlenia w danym miejscu pomieszczenia. Jest to najbardziej złożony sposób sterowania oświetleniem, zapewniający jednak największe oszczędności oraz równomierne natężenie oświetlenia na całej powierzchni pomieszczenia. Rysunek 4 przedstawia przykładowy schemat sterowania oświetleniem z wykorzystaniem światła dziennego. Schemat instalacji realizujący taki system sterowania jest analogiczny do tego przedstawionego na rysunku 3. Różnica polegać będzie jedynie na zastosowaniu czujnika, bądź czujników natężenia oświetlenia oraz modułu, który będzie wysyłał informacje sterujące oprawami zgodnie z założonymi wartościami natężenia oświetlenia, mierzonym przez czujnik lub czujniki natężenia światła. Na rysunku 4 zaproponowano użycie bramki DALI, która zapewnia niezależne sterowanie (załączanie, wyłączanie, ściemnianie i rozjaśnianie) pojedynczych opraw. Szczegółowa realizacja sterowania oświetleniem w różnych układach została opisana w artykule [7].

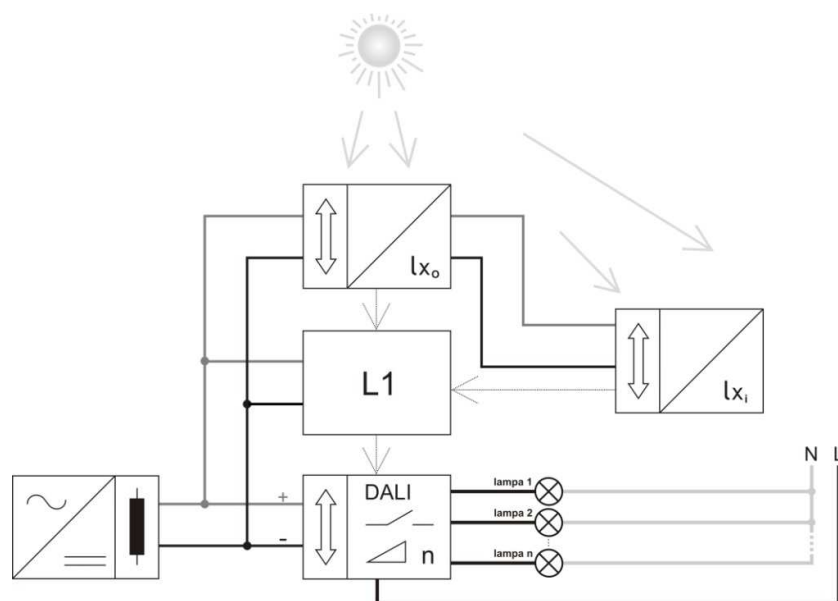


Rys. 3. Poglądowy schemat sterowania oświetleniem typu ściemnij/rozjaśnij

2.3. Wymiana źródeł światła na energooszczędne

Najprostszym sposobem poprawy efektywności energetycznej w instalacjach oświetleniowych jest wymiana źródeł oświetlenia na energooszczędne. Najczę-

ściej realizuje się to poprzez wymianę istniejących lamp żarowych czy fluorescencyjnych na źródła LED. Żarówka LED o mocy 3,5 W zapewnia oświetlenie porównywalne z 50W zwykłą żarówką. Jeśli weźmiemy pod uwagę znacznie niższy pobór prądu, dłuższą żywotność, to oszczędności wynikające z wymiany mogą sięgać nawet 75% całkowitego zużycia energii przez tradycyjne, żarowe lampy, a do 40% w przypadku lamp fluorescencyjnych [8].

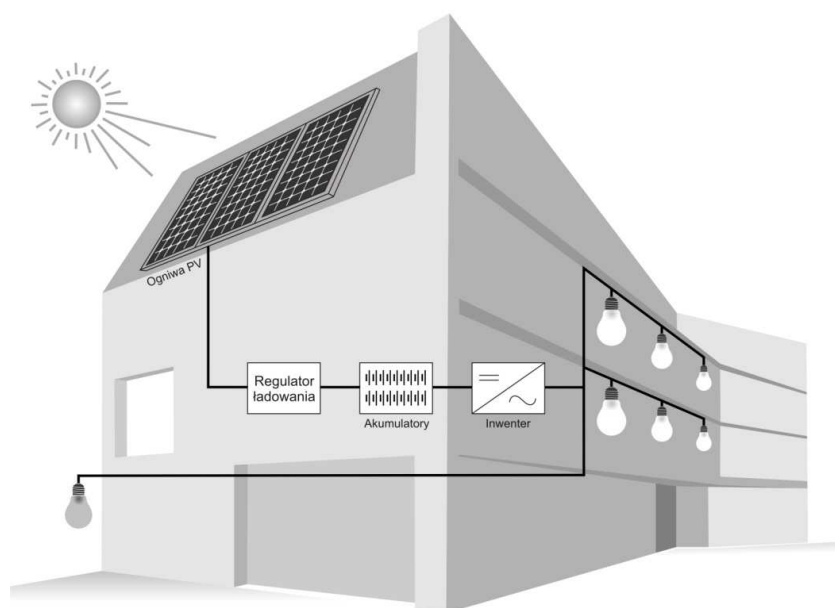


Rys. 4. Poglądowy schemat sterowania oświetleniem wykorzystującym światło dzienne z wykorzystaniem modułu DALI

2.4. Zastosowanie instalacji fotowoltaicznej PV

Zastosowanie paneli fotowoltaicznych, jako sposobu poprawy efektywności energetycznej jest rozwiązaniem dosyć powszechnym i coraz częściej znajdującym zastosowanie zarówno w modernizowanych jak i nowych obiektach. To rozwiązanie w sposób szczególny będzie korzystniejsze w implementacji w obiektach użyteczności publicznej niż w gospodarstwach domowych. Wszystko za sprawą odmiennego sposobu użytkowania tych obiektów. Instalacje PV generują największą energię w godzinach okołopołudniowych. Jest to czas pracy i wykorzystania energii elektrycznej m.in. w instalacjach oświetleniowych w budynkach użyteczności publicznej. Odwrotna sytuacja ma miejsce w gospodarstwach domowych, gdzie największe zużycie energii odbywa się w godzinach popołudniowych i nocnych. W tym systemie poprawy efektywności energetycznej instalacji oświetleniowej zaleca się zastosowanie układu off-grid, który wyposażony w magazyn energii w postaci akumulatorów będzie mógł pobie-

rać z nich energię w czasie braku generacji z ogniw PV [9]. Poglądowy schemat instalacji fotowoltaicznej off-grid przedstawiono na rysunku 5. Energia generowana w ogniwach PV będzie w pierwszej kolejności zużywana na potrzeby oświetlenia. Nadmiar wyprodukowanej energii będzie gromadzony w baterii akumulatorów, a w czasie braku wystarczającej produkcji z ogniw PV, pobierana z nich do instalacji elektrycznej. Jeśli dany obiekt nie będzie miał wydzielonej instalacji oświetleniowej, to energia z ogniw PV zostanie przekazana do ogólnej instalacji. Rozwiązanie wykorzystujące moduły PV jest coraz częściej wykorzystywane do zapewnienia pracy oświetlenia awaryjnego i ewakuacyjnego.



Rys. 5. Ogólny schemat instalacji fotowoltaicznej typu off-grid z magazynem energii

3. ASPEKTY EKONOMICZNE IMPLEMENTACJI SYSTEMÓW POPRAWY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Przedstawione sposoby poprawy efektywności energetycznej instalacji oświetleniowych wpływają w różny sposób na ilość zaoszczędzonej energii zużywanej na oświetlenie. Przy wyborze odpowiedniego systemu należy kierować się kosztami instalacji oraz wielkością oszczędności, która wynika z implementacji danego sposobu poprawy efektywności energetycznej. Tabela 1 przedstawia szacunkowe koszty instalacji danego systemu oraz czas zwrotu inwestycji. Przyjęto założenia obliczeniowe, które szacują wykorzystanie instalacji oświetleniowych 5 dni w tygodniu po 8 godzin. Dla systemów sterowania oświetleniem przyjęto użycie urządzeń działających w standardzie KNX. Przy szacowa-

niu generacji energii w instalacji fotowoltaicznej przyjęto produkcję energii na poziomie 10 kWp z 1m² paneli w ciągu roku. Dla otrzymania dokładniejszych wyników przyjęto miejsce instalacji Poznań. Należy pamiętać, że pomimo najdłuższego czasu zwrotu inwestycji, instalacja fotowoltaiczna po tym czasie, będzie generowała już tylko wynik ekonomiczny dodatni, bo z produkcją energii ze słońca nie są związane inne dodatkowe stałe koszty (poza obsługą serwisową instalacji). Wymiana źródeł na energooszczędne została przyjęta w oparciu o wymianę źródeł żarowych, halogenowych i świetlówkowych na źródła LED.

Wszystkie przedstawione dane mają charakter poglądowy. Wielkości mogą różnić się w zależności od ilości punktów oświetleniowych, zastosowanych elementów, złożoności instalacji oraz użytych modeli i rodzajów urządzeń do jej wykonania.

Tabela 1. Szacunkowe dane dotyczące implementacji systemu poprawy efektywności energetycznej w instalacjach oświetleniowych.

Lp.	Sposób poprawy efektywności energetycznej	Wielkość, rodzaj	Oszczędność zużycia energii [%]	Roczny zysk [kWh]	Zwrot inwestycji [lat]
1	Instalacja fotowoltaiczna	10 kW	100	8950	9,0
2	Wymiana źródeł oświetlenia na LED	100 szt.	55	6336	2,5
3	Systemy sterowania oświetleniem	zał/ wył	45	5184	4,5
		Ściem/rozjaś	47	5415	5,0
		Światło dzienne	55	6336	5,5

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono sposoby poprawy efektywności energetycznej instalacji oświetleniowych. Zaproponowane rozwiązania mają szerokie zastosowanie dla różnych obiektów bez względu na wielkość, położenie i układ architektoniczny. Przedstawione sposoby można w oczywisty sposób łączyć, zwiększając tym samym oszczędności w zużyciu energii. Koszty implementacji są trudne do precyzyjnego oszacowania, ponieważ zależą od wielu czynników, np. zastosowanych elementów, ich marki oraz sposobu przeprowadzenia implementacji. W sytuacjach, gdzie konieczna jest integracja nowych rozwiązań poprawiających efektywność energetyczną z istniejącą infrastrukturą techniczną, koszty będą musiały być szacowane indywidualnie. W artykule przedstawiono charakterystykę poszczególnych systemów poprawiających efektywność energetyczną instalacji oświetleniowych.

Należy zwrócić uwagę, iż każdy obiekt jest na swój sposób odmienny i nie można wskazać, które rozwiązanie pozwoli na największą oszczędność energii.

Wyjątkiem wydaje się tu być zastosowanie paneli PV, które generuje energię elektryczną ze słońca, jako darmowego źródła. Jedynym kosztem jest tu koszt budowy instalacji oraz wykonywania okresowych przeglądów serwisowych. Najprostszym do realizacji jest natomiast proces wymiany istniejących źródeł na energooszczędne. Jeśli już takie są zainstalowane to można, zgodnie z wcześniejszym stwierdzeniem, implementować kolejne sposoby ograniczania zużycia energii.

Istotnym elementem działań poprawiających efektywność energetyczną w tym instalacji oświetleniowych, jest pozytywny wpływ na środowisko naturalne. Zmniejszenie zużycia energii finalnej to organicznie zużycia energii pierwotnej do jej wytworzenia. Przekłada to się bezpośrednio na ograniczenie zużycia zasobów naturalnych i zmniejszenie emisji substancji szkodliwych emitowanych podczas wytwarzania energii. Wyjątkiem tutaj są systemy energetyki odnawialnej, których negatywny wpływ na środowisko jest stosunkowo niewielki, a zasoby energii pierwotnej, praktycznie niewyczerpalne.

LITERATURA

- [1] Ustawa o efektywności energetycznej, art. 2, pkt. 3, Dziennik Ustaw RP z dn. 20.05.2016 r., Warszawa.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2012/27/UE.
- [3] PN-EN 15193:2017P Charakterystyka energetyczna budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia.
- [4] PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- [5] Sowa S., Natężenie światła w budynku szkoły - Informatyka Automatyka Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, s.78-81 nr 3/2017.
- [6] Sowa S., Kamińska A., Prognozowane zmniejszenie zużycia energii w budynku szkoły przez sterowanie oświetleniem w systemie KNX, Przegląd Elektrotechniczny, s.193–197, 2/2018.
- [7] Sowa S., Gielniak J., Algorytmy sterowania oświetleniem w budynku szkoły z wykorzystaniem systemu KNX, Electrical Engineering, s. 153–162, nr 96/2018.
- [8] Pabjańczyk W., Energooszczędne instalacje oświetleniowe - Przegląd Elektrotechniczny, s. 65–72, 6/2010.
- [9] Chwieduk D., Jaworski M., Energetyka Odnawialna w budownictwie – PWN, Warszawa 2018.

POSSIBLE WAYS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE LIGHTING SYSTEM IN PUBLIC FACILITIES

Energy efficiency is a term that is being increasingly used in the area of energy efficiency and energy audits of the objects. The energy efficiency improvement is a set goal for each user, the property owners. It is also a package of measures, and the implementation has been imposed, inter alia, by the European Union. The article presents the meth-

ods and possibilities of improving energy efficiency in lighting installations of public utility facilities, with a focus on educational facilities. It also presents estimated calculations that show decreased electricity consumption by introducing a specific method of saving. The methods described above can be used individually or in a combination to increase energy efficiency. The issue of improving energy efficiency of both specific installations and entire facilities is in the area of interest of legislators, property owners, as well as scientists. The energy efficiency of the facilities, besides savings in electricity and heat consumption, also increases the environmental care and improves the comfort of using the facilities. The presented solutions can be used in most buildings. It is only their specificity (construction, location, character of use) that determines the type, way and the scope of implementation of the energy efficiency improvement system. The publication shows various methods of improving energy efficiency in lighting installations, which can be useful while choosing the right system and estimating the savings that its implementation will generate.

(Received: 25.02.2019, revised: 12.03.2019)

