

dr inż. Wiesław Jakubas*

Energooszczędne podsystemy oświetleniowe w obiektach budowlanych

Energy efficient lighting subsystems in facilities construction

Streszczenie. Obecnie technologie budowlane wkraczają w nowy innowacyjny etap obejmujący zarówno materiały budowlane, jak i sposób budowania. Powstają pierwsze budynki w technologii 3D. Proces ten przebiega automatycznie, a człowiek jest jego obserwatorem. Takie obiekty budowlane realizowane są w bardzo krótkim czasie i charakteryzują się wieloma walorami współczesnych technologii budowlanych, w tym energooszczędnością. Trudno więc pominąć kolejny akcent współczesnego budownictwa niskoenergetycznego, jakim są systemy sterowania, nadzoru i zarządzania (BMS) [9]. W tej grupie istotną pozycję, jeśli chodzi o oszczędność energii i komfort użytkowania, zajmuje oświetlenie, w tym źródła światła [3, 4]. W artykule przedstawiono możliwości oszczędzania energii przy zapewnieniu maksymalnego komfortu budynków inteligentnych.

Słowa kluczowe: oświetlenie, sterowanie, komfort, normy, energooszczędność, obiekty budowlane.

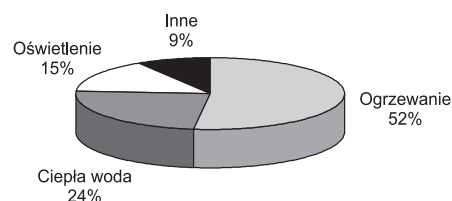
Abstract. At the moment, construction technologies are entering a new and innovative step comprising both construction materials and method of construction. Establishment of the first buildings produced (printed) by using 3D technology. This process automatically, and a man becomes just an observer of this stage. Such construction objects are created in a very short period of time and have all the qualities of modern construction technologies including energy efficiency. It is difficult in such a situation overlooked another important emphasis of modern low-energy buildings, which are systems of control, supervision and management (BMS) [9]. In this group a significant position in terms of energy savings and comfort is light (including light sources) [3, 4]. Opportunities to save energy, while ensuring maximum comfort for such a subsystem intelligent buildings will be presented in this article.

Keywords: lighting, control, comfort, standards, energy efficiency, building structures.

Energooszczędność jest bardzo ważnym czynnikiem w procesie inwestycyjnym zarówno dla projektantów, wykonawców, jak i użytkowników. Przekłada się na wydatki związane głównie z budową obiektu, ale podczas wieloletniej eksploatacji daje wymierne oszczędności w wydatkach na ogrzewanie, oświetlenie, wentylację i klimatyzację. Hasła przewodnie propagowane przez Unię Europejską i wiodące gospodarczo państwa w innych regionach świata dotyczą obniżenia kosztów eksploatacji związanych z poborem energii konwencjonalnej i wydatków dotyczących zużycia nieodnawialnych surowców, dzięki którym powstają i funkcjonują obiekty budowlane. Obecnie budownictwo dysponuje metodami i środkami, aby systematycznie redukować zużycie energii, w tym energii elektrycznej. Jest to tylko kwestia czasu i odpowiedniego podejścia architektów, inżynierów budownictwa, automatyków, elektryków, elektroników i informatyków. Na przykładzie budownictwa najlepiej widać,

jak interdyscyplinarna jest to dziedzina i jak mogą w tym obszarze współpracować fachowcy z różnych branż. Architekci mają zadbać o taki projekt, aby bryła, układ poszczególnych pomieszczeń, otwory okienne miały swój udział w dostarczaniu światła i uzysku ciepła. W procesie inwestycyjnym trzeba także wykonać ten obiekt, aby późniejsza eksploatacja dobrze zaprojektowanego wcześniej budynku mogła przynosić dodatkowo znaczne oszczędności energii. Jeżeli jeszcze dodatkowo zaprojektowano i skonfigurowano (zgrano w działanie) w tej strukturze nowoczesne instalacje sterujące, to inwestycja może uzyskać znamiona energooszczędnej o wysokim komforcie użytkowania.

Jednym z podsystemów funkcjonujących w budynku jest system sterujący oświetleniem [1, 6]. Z punktu widzenia oszczędności energetycznych i komfortu użytkowania obiektu bardziej istotny jest właściwy algorytm jego pracy. Na cele oświetlenia szkół, mieszkań, szpitali, biur używa się ok. 15% energii dostarczonej. Przykładowy bilans rzeczywistego zużycia wszystkich rodzajów energii w budynku użyteczności publicznej pokazano



Przykładowy bilans rzeczywistego zużycia różnych rodzajów energii w obiekcie użyteczności publicznej

na rysunku. Jej procentowy udział w kosztach eksploatacji obiektu określa się na poziomie ok. 50% (jest najdroższa). Warto więc tej części energii poświęcić uwagę, gdyż zalecenia Unii Europejskiej dotyczą m.in. sukcesywnego wycofywania z eksploatacji żarowych źródeł światła na rzecz bardziej energooszczędnych. Te z kolei wymagają odpowiedniego sposobu użytkowania (także sterowania), aby zapewnić im długotrwałe działanie i uzyskanie określonej oszczędności energii. W miarę rozwoju technologii, wzrostu kosztów energii oraz świadomości społecznej będziemy decydować się na zakup rzeczy nowocześniejszych i przez to droższych, ale w perspektywie czasu zwracających zainwestowane pieniądze z nawiązką.

* Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Zastosowanie zintegrowanego systemu sterującego, jako jednolitego środowiska do kontroli i sterowania wszystkimi elementami infrastruktury inteligentnego budynku, niesie wiele korzyści, m.in. zwiększa funkcjonalność systemu oraz możliwość oszczędności energii, także tej przeznaczonej na oświetlenie [2].

Źródła światła

Elektryczne źródła promieniowania optycznego można podzielić na:

- lampy żarowe temperaturowe – żarówki;
- lampy żarowe halogenowe;
- lampy wyładowcze, z elektrodami (żarnikami) wewnętrznymi, np. świetlówki;
- lampy wyładowcze tzw. indukcyjne;
- lampy żarowo-wyładowcze, np. źródła ksenonowe;
- lampy diodowe LED;
- inne lampy specjalnego przeznaczenia.

Tradycyjna żarówka wynaleziona ponad 120 lat temu, w której elementem świecącym jest żarnik rozgrzano do wysokiej temperatury na skutek przepływu prądu, stopniowo wycofywana jest z użytkowania [8]. Charakteryzuje się bowiem małą skutecznością świetlną 6 – 18 lumenów/wat oraz nie jest trwała. Przeciętna jej żywotność to 1000 h, pod warunkiem nieprzekraczania znamionowych warunków pracy. Potem wydajność świetlna może zmniejszyć się nawet o 80%. Dodatkowo na strumień świetlny przetwarzane jest zaledwie 5% energii, co oznacza, że reszta jest „marnotrawiona” w postaci emisji ciepła. Mimo wad, tradycyjne żarówki są nadal używane w systemach oświetlenia ze względu na niewielki koszt, łatwość regulacji natężenia oświetlenia, brak efektu stroboskopowego i widmo promieniowania zbliżone do oświetlenia naturalnego.

Źródła żarowe halogenowe stosuje się w salach konferencyjnych ze względu na barwę zbliżoną do światła dziennego, a także do oświetlenia scen i elementów dekoracyjnych (dzieła malarskie, rzeźby) [7]. Źródła te bezproblemowo współpracują z akuatorami ściemniającymi, przez co można tworzyć odpowiedni klimat w oświetlanych pomieszczeniach. Niestety i te grupy źródeł światła wy-

dzielają znaczną ilość ciepła, co przy współistniejących coraz częściej podsystemach klimatyzacji jest niewskazane ze względu na ograniczenie ich sprawności.

W przypadku **świetlówek** źródłem światła jest promieniowanie widzialne emitowane przez warstwę luminoforu pokrywającego wewnętrzną powierzchnię rury. Wyładowania zachodzące pomiędzy elektrodami (żarnikami) wolframowymi zabudowanymi na końcach rury wytwarzają promieniowanie ultrafioletowe. Promieniowanie widzialne o żądanej barwie światła: białe, białe lub białe chłodne czy ciepłe pozwalają uzyskać odpowiednio dobrane luminofory. Trwałość świetlówek wynosi 6000 ÷ 15000 h, skuteczność świetlna 40 ÷ 100 lm/W, natomiast żywotność zależy od liczby włączeń/wyłączeń. Najczęściej świetłowki mają temperaturę barwową 2700 K, w czym zbliżone są do żarówek, albo 6400 K (światło białe) [8]. W przypadku zasilania oświetlenia bezpośrednio z sieci energetycznej 50 Hz, mogą występować różnorodne uciążliwości, jak np. brzęczenie, migotanie. Współczesne zelektronizowane świetłowki pracują przy częstotliwości przetwornicy ok. 30 kHz, niwelując efekt stroboskopowy i efekty akustyczne występujące w obwodach z dławikiem. Obecnie w systemach sterujących są akulatory wykonawcze regulujące natężenie oświetlenia takich źródeł światła [6].

Diody elektroluminescencyjne LED to półprzewodnikowe elementy optoelektroniczne, które mają ogromną szansę zrewolucjonizować rynek oświetlenia. Dzięki niewielkim rozmiarom, małemu napięciu zasilania, brakowi promieniowania ultrafioletowego, znacznej energooszczędności (moc do kilkunastu W), długiej żywotności (100 000 h) oraz zwartej i wytrzymałej konstrukcji, coraz częściej są wykorzystywane w obiektach budowlanych [7]. Diody LED są też niewrażliwe na szybką modulację (stąd możliwość regulacji jasności w trybie PWM). Niektóre firmy oferują kompleksowe systemy sterowania oświetleniem LED, w tym mieszania barw RGB w celu osiągnięciażądanego efektu [6, 7].

Pozostałe źródła światła mają bardzo korzystne właściwości eksploata-

cyjne, ale nadają się do oświetlenia dużych powierzchni, zwłaszcza na zewnątrz budynków, np. boisk, parkingów, tarasów, stacji benzynowych oraz wewnątrz hal produkcyjnych i magazynowych [8].

Automatyczne sterowanie oświetleniem

Aby spełnić wymagania norm i zapewnić działanie instalacji oświetleniowej zgodnie z trendami współczesnego budownictwa, należy wyodrębnić charakterystyczne stany pracy systemu sterującego oświetleniem [1, 3, 4, 6]. Przykładowe funkcje energooszczędnych systemów inteligentnego sterowania oświetleniem obejmują:

- sterowanie typu włącz – wyłącz;
- sterowanie z układami ściemniającymi;
- sterowanie z układami załączająco-ściemniającymi;
- załączanie oświetlenia uzależnione od obecności;
- sterowanie włączaniem oświetlenia uwarunkowane jasnością oświetlenia zewnętrznego;
- sterowanie przyciemnianiem uwarunkowane jasnością zewnętrzną;
- załączanie w funkcji czasu;
- utrzymywanie stałego poziomu natężenia oświetlenia na stanowisku pracy;
- realizację wielu funkcji centralnego załączania (wyłączania);
- sterowanie mieszane będące połączeniem wymienionych;
- dowolną rekonfigurację funkcji sterujących oświetleniem wymienionych powyżej przez zmianę oprogramowania.

Najprostszym sterowaniem źródłami światła jest tzw. praca dwustanowa. **Układy załącz/wyłącz** są podstawowymi elementami układów programowalnych systemu oświetleniowego. Pozwalają w prosty sposób sterować dowolnymi punktami świetlnymi. Podstawowymi urządzeniami inicjującymi są sensory przyciskowe, a następnie wyjścia binarne, które pełnią funkcje konwencjonalnych przekaźników elektrycznych. Wyłączenie może nastąpić z innego miejsca niż włączenie, co jest bardzo komfortowe. Taki rodzaj sterowania można stosować w przypadku wszelkiego typu elektrycznych źródeł światła.

Załączanie uwarunkowane obecnością to funkcja włącz/wyłącz, przy czym sensorem inicjującym są czujniki podczerwieni (ruchu) reagujące na obiekty promieniujące ciepło i poruszające się. Konfiguracja programowa uzupełniona została o zwłokę czasową podtrzymującą stan włączenia oświetlenia. Ważną zaletą tego rozwiązania jest oszczędność energii elektrycznej i źródeł światła – lampy gasną po upływie ustawionego czasu, gdy nieobecny jest użytkownik. Lampy sterowane za pomocą czujników obecności stosowane są w domach prywatnych, garażach publicznych, halach magazynowych, w przypadku dekoracyjnego oświetlenia kompozycji roślinnych i elementów architektonicznych, a przede wszystkim wszędzie tam, gdzie ceni się wygodę.

Ze względu na komfort użytkowników, często zachodzi potrzeba regulacji natężenia oświetlenia. Do płynnej regulacji natężenia oświetlenia lamp żarowych oraz lamp halogenowych zasilanych z sieci 230 V lub konwencjonalnych transformatorów niskonapięciowych służą **ściemniacze uniwersalne**. Współczesne aktuatory ściemniające są wyposażone w funkcję włącz/wyłącz. Wystarczy skonfigurować odpowiednie pary sensor-ściemniacz, aby przez krótkie naciśnięcie przycisku włączyć (wyłączyć) żarówkę, a przy ciągłym naciskaniu przycisku sensora dokonywać zmiany natężenia oświetlenia. Tego typu sterowanie stosuje się w celu uzyskania wysokiego komfortu otoczenia użytkowników, a nie z pobudek oszczędnościowych.

W miejscach, gdzie oprócz komfortu użytkownika zależy nam także na wymiernej oszczędności energii, należy stosować **oświetlenie świetłkowe**. Oprawy tego typu wyposażone są w stateczniki elektroniczne do ściemniania świetlówek. Statecznik ma dwa wejścia: jedno zasilające 230 V prądu przemiennego (AC) i drugie sterujące 1 – 10 V prądu stałego (DC). W przypadku oświetlenia diodowego LED opracowano trzykanałowe aktuatory ściemniające RGB z modulacją PWM i możliwością mieszania barw [7].

Przełączanie oświetlenia sztucznego uzależnionego od natężenia światła naturalnego (zewnętrznego) umożli-

wia oszczędzanie energii zwłaszcza w obiektach użyteczności publicznej. Jeżeli w sali biurowej z dużymi oknami więcej światła słonecznego otrzymują stanowiska położone najbliżej okien, to lampy nad nimi mogą być całkowicie wyłączone. Im dalej od okien, tym bardziej należy wspomagać oświetlenie naturalne odpowiednio przyciemnionym oświetleniem lamp. Zmiany natężenia oświetlenia zewnętrznego wywołane porą dnia, pogodą itp., uzupełniane są automatycznie przez ustawienie różnych poziomów przyciemnienia lamp „wspomagających”. System reaguje na bieżąco, dokonując w sprzyjających warunkach wyłączenia niepotrzebnych lamp oświetleniowych. Rozwiązanie to można uprościć, decydując się na przełączanie uwarunkowane zewnętrznym natężeniem oświetlenia. Jeżeli jego poziom wystarczająco wzrośnie, wówczas system sterujący dokona całkowitego wyłączenia oświetlenia sztucznego. Unika się tego typu rozwiązań w pracy wymagającej znacznej koncentracji i w miejscach reprezentacyjnych. W przypadku współpracy z fotosensorem i lampy oświetlającej z jednym stanowiskiem pracy na powierzchni biurka mierzone jest w sposób ciągły natężenie oświetlenia (wymagane normą – wartość zadana), a ściemniacz, jako współpracujący z lampą nad biurkiem, dokonuje ciągłej regulacji przez jej ściemnianie i rozjaśnianie [1, 6]. Zapewnia to komfortowe warunki pracy przy jednoczesnej oszczędności energii. Ten sposób regulacji jest niezależny od stopnia zaciemnienia i zabrudzenia okien, stopnia zesterzenia lub zabrudzenia lamp, pory roku, dnia itp.

Sterowanie uzależnione od czasu realizowane jest przez wielokanałowe zegary sterujące oferujące nawet do 324 różnych czasów załączeń i wyłączeń z podziałem na dni tygodnia, miesiące roku z uwzględnieniem czasu zimowego lub letniego. Synchronizacja czasu rzeczywistego może się odbywać przez odbiornik atomowego wzorca czasu. Programowe skojarzenie kanałów sterujących takiego zegara, jako sensora i akuatorów wykonawczych włączających oświetlenie, umożliwia realizację wielu scenariuszy zależnie od specyfiki funkcjonowania obiektu budowlanego.

Funkcja centralnego wyłączenia – załączania umożliwia całkowicie wyłączenie wybranych odbiorników energii elektrycznej (w tym oświetlenia) w zadeklarowanych programowo częściach lub całym budynku. Operacji tej można dokonać jednym sensorem, np. przy wyjściu, lub sensorem sprzężonym z zamkiem głównym drzwi. W ten sposób personel nadzorujący uzyskuje pewność wyłączenia zbędnych odbiorników bez pracochłonnego sprawdzania wszystkich po kolei.

Podsumowanie

Dobrze zaprojektowany i zaprogramowany system sterowania korzystnie wpływa na obniżenie kosztów eksploatacji budynku, których istotnym składnikiem są koszty energii na oświetlenie. Nie należy jednak zapominać o równowadze między oszczędnością energii a komfortem użytkowania i przebywania w obiekcie. Idealnie byłoby, gdyby udało się uzyskać kompromis między funkcjonalnością, wydajnością i oszczędnością energii. Można powiedzieć, że zintegrowane systemy w budownictwie „potrafią” oszczędzać energię [6, 9].

Literatura

- [1] Petykiewicz P.: „EIB – nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku.” Warszawa: COSiW SEP, 2001.
- [2] Romańska A.: Zintegrowane systemy sterowania procesami w obiektach budowlanych, Materiały Budowlane nr 5/2014, Kraków 2014.
- [3] PN/EN 15251-1:2007 IDT Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę.
- [4] EN 12464-1:2002 (E) Światło i oświetlenie – oświetlenie miejsc pracy – miejsca pracy we wnętrzach.
- [5] <http://www.abb.com/product/seitp329/2a5b90ff31d7d68cc12570380034b9d5.aspx>.
- [6] Busch-Jaeger Elektro GmbH, Lighting control with the Busch EIB Installation Bus® and the Busch EIB Powernet®, nr BJE 0001-0-0487 / 01.01 /0502-D, ABB styczeń 2001.
- [7] <http://www.steruj.pl/artykuły/1>.
- [8] <http://www.swiatlo.tak.pl/artykuły/zrodla-swiatla/zrodla-swiatla-cz1.php>.
- [9] <http://www.mcbe.pl>.