

Prognozowane zmniejszenie zużycia energii w budynku szkoły przez sterowanie oświetleniem w systemie KNX

Streszczenie. Przedstawiono prognozowane zużycie energii elektrycznej na oświetlenie w części budynku Zespołu Szkół w Swarzędzu k/Poznań. Zaproponowano sterowanie oświetleniem w systemie KNX oraz przeprowadzono analizę prognozowanego zmniejszenia zużycia energii w miesiącu grudniu dla dwóch wariantów sterowania.

Abstract. The electric energy consumption for lighting in the building of School Complex in Swarzedz/Poznan is estimated. The lighting control using KNX system is proposed and analysis of predicted energy consumption reduction in December for the two control variants is carried out. (**Predicted reduction of energy consumption in the school building by lighting control with KNX system**).

Słowa kluczowe: sterowanie oświetleniem w systemie KNX, oszczędność energii.

Keywords: KNX lighting control, energy savings.

Wstęp

W budynkach użyteczności publicznej oświetlenie miejsca pracy zależy od rodzaju pomieszczenia oraz charakteru wykonywanej w nim pracy. Norma PN-EN 12464-1 Światło i oświetlenie [1] wymaga zapewnienia określonej wartości natężenia oświetlenia oraz jego równomiernego rozkładu. Spełnienie wymagań tej normy zależy od wykorzystania światła dziennego i zainstalowanych opraw oświetleniowych. Energia zużywana na oświetlenie zależy od mocy zainstalowanych opraw oraz czasu ich załączenia, stąd oszczędność tej energii może być osiągnięta przez zmniejszenie mocy opraw lub skrócenie czasu ich użytkowania. Mimo tej oczywistej zależności praktyczna realizacja zmniejszenia zużycia energii jest trudna do osiągnięcia. Znaczne oszczędności energii do około 44% w ciągu roku można uzyskać zamieniając stare lampy fluorescencyjne na oświetlenie LED [2]. Źródła LEDowe są jednak znacznie droższe od jarzeniowych, co zwiększa nakłady inwestycyjne.

Skrócenie czasu użytkowania opraw jest możliwe dzięki sterowaniu oświetleniem i wykorzystaniu światła dziennego. Jak wykazuje wiele badań, między innymi [3,4], zużycie energii nie zależy jednak od oświetlenia zewnętrznego, jeśli w budynku nie jest stosowane sterowanie automatyczne oświetleniem, ponieważ nawet przy dużym nasłonecznieniu użytkownicy nie wyłączają oświetlenia sztucznego. Z tych względów, w ostatnich latach prowadzi się szerokie badania mające na celu opracowanie algorytmów sterowania, które zmniejszają zużycie energii. Ważnym aspektem tych badań jest także możliwość utrzymania wymaganego przez normę natężenia oświetlenia w miejscu pracy [5]. Przy projektowaniu instalacji należy również uwzględnić pogorszenie parametrów elektrycznych występujące w układach sterowanych i wpływ tych parametrów na działanie instalacji [6].

Korzystając z istniejącej instalacji oświetleniowej w Zespole Szkół nr 1 w Swarzędzu k/Poznań, przeprowadzono analizę zużycia energii na oświetlenie. Na jej podstawie zaproponowano sterowanie instalacją w systemie KNX i oszacowano zmniejszenie zużycia energii w wyniku tego sterowania.

Budynek oraz instalacja oświetleniowa

Budynek szkoły obejmuje dwa identyczne, dwukondygnacyjne skrzydła, których powierzchnia dydaktyczna stanowi około 85% powierzchni całkowitej budynku. Obie kondygnacje są podobne i znajdują się na

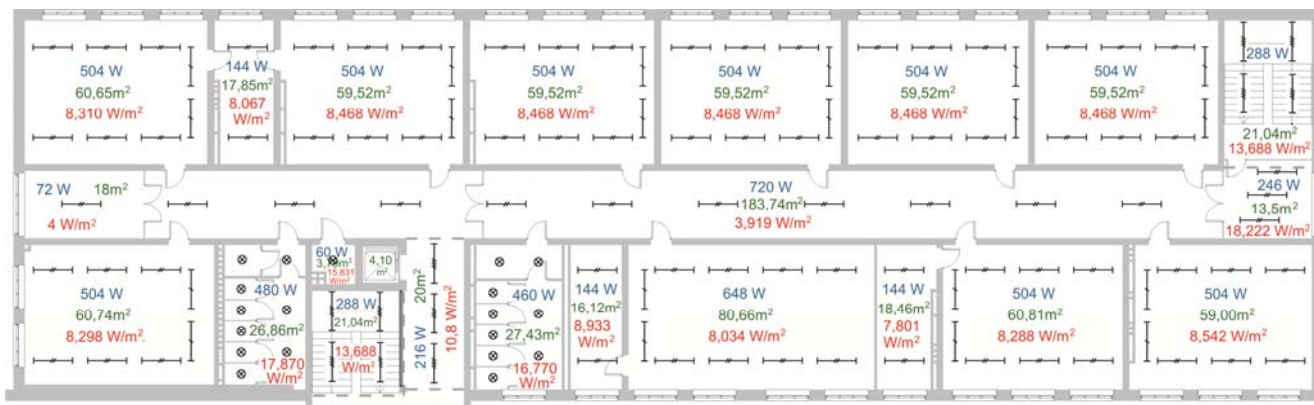
nich sale lekcyjne, laboratoria, pomieszczenia techniczne, ciągi komunikacyjne i sanitariaty. Rzut architektoniczny jednej kondygnacji skrzydła budynku przedstawiono na rysunku 1, na którym podano rozmieszczenie opraw oświetleniowych, moc zainstalowaną tych opraw, powierzchnię pomieszczenia oraz moc na m² tej powierzchni. Sale lekcyjne znajdują się po dwóch stronach centralnie położonego korytarza, nie mającego dostępu do światła dziennego. W salach znajdują się okna stanowiące ponad 80% powierzchni ściany, zarówno od strony północnej jak i południowej.

Zużycie energii na oświetlenie przy braku sterowania

Korzystając z mocy zainstalowanej opraw, podanej na rysunku 1 i czasu ich załączenia obliczono zużycie energii elektrycznej potrzebnej na oświetlenie. Czas załączenia oświetlenia oszacowano z harmonogramu pracy szkoły w miesiącu grudniu oraz obserwacji sposobu użytkowania pomieszczeń. Liczba dni roboczych w grudniu wynosiła 14, liczba godzin użytkowania w ciągu dnia sal lekcyjnych i pomieszczeń technicznych wynosiła 9, korytarzy 12, natomiast pomieszczeń sanitarnych 11. Z obliczeń wynika, że zużycie energii elektrycznej w miesiącu grudniu dla jednego piętra skrzydła B części dydaktycznej budynku wyniosło 1150,2 kWh, z czego w salach lekcyjnych 689,5 kWh, korytarzach 254 kWh, pomieszczeniach technicznych 62 kWh i w sanitariatach 144,8 kWh. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 6 – wariant bez sterowania.

System KNX i algorytmy sterowania oświetleniem

Do sterowania oświetleniem wybrano system KNX. W salach lekcyjnych, pomieszczeniach technicznych, sanitariatach stosowane będzie sterowanie załącz/wyłącz lampami fluorescencyjnymi przez aktyki łączące wielokanałowe. Jeden kanał steruje wszystkimi oprawami w danej strefie oświetleniowej (sala lekcyjna, pomieszczenie techniczne, umywalnia i toaleta). Ilość stref wynosi 21, a więc wymagane będzie zastosowanie 6 aktorów łączących 4 kanałowych. Załączenie oświetlenia w salach lekcyjnych będzie odbywało się za pomocą wejścia binarnego, uruchamianego przez zastosowanie karty dostępu. Umieszczenie karty w czytniku spowoduje załączenie obwodu oświetleniowego, a po jej wyjęciu przy wyjściu z pomieszczenia - wyłączenie. Warunkiem załączenia oświetlenia będzie wartość natężenia światła dziennego mierzona przez stację pogodową i czujnik natężenia światła, umieszczone na elewacji budynku.



Rys.1. Rzut architektoniczny I piętra skrzydła B budynku Zespołu Szkół nr 1 w Swarzędzu k/Poznań

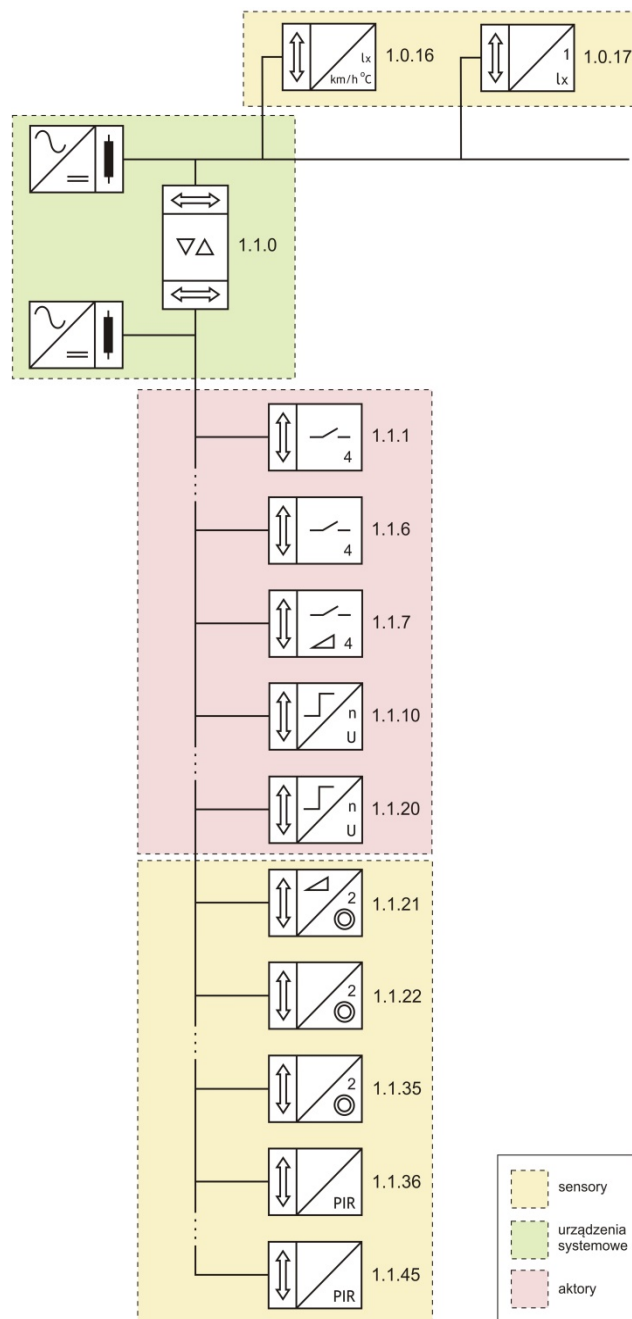
Jeżeli wartości natężenia mierzone przez te czujniki będą wyższe od wartości zadanej, wówczas oświetlenie nie zostanie załączone, natomiast przy wartości niższej oświetlenie w pomieszczeniach zostanie załączone automatycznie. Sterowanie takie wymaga określenia zależności natężenia wewnątrz pomieszczenia od natężenia światła dziennego. Należy przy tym uwzględnić zmienność natężenia spowodowaną chwilowym zachmurzeniem, tak aby uniknąć zbyt częstych przełączeń oświetlenia. W każdym pomieszczeniu zastosowany będzie przycisk umożliwiający ręczne sterowanie oświetleniem.

Wejście do pomieszczeń technicznych jest przez sale lekcyjne, dlatego załączenie oświetlenia jest możliwe po włożeniu karty do czytnika przy wejściu do określonej sali lekcyjnej, pod warunkiem, że czujnik natężenia oświetlenia w pomieszczeniu technicznym nie wykryje zbyt dużej wartości tego natężenia. Również w tych pomieszczeniach zastosowany będzie przycisk umożliwiający ręczne sterowanie oświetleniem.

W ciągach komunikacyjnych (korytarzach) i na klatkach schodowych, które nie mają dostępu do światła dziennego, przewiduje się sterowanie oświetleniem lampami fluorescencyjnymi typu ściemnij/rozjaśnij, dla których płynną regulację natężenia od 1-100% realizuje się za pomocą stateczników w systemie 1-10 V. Sterowanie takie wymaga stosowania odpowiedniego aktora ściemniającego tego rodzaju oświetlenie. Oświetlenie będzie załączane na 100% w czasie przerw, natomiast podczas lekcji zostanie obniżone automatycznie do zadanej wartości. Zastosowane czujniki ruchu będą kontrolowały cały obszar korytarza i po wykryciu ruchu, spowodują rozjaśnienie oświetlenia do wartości maksymalnej.

W umywalniach i toaletach stosuje się oświetlenie sterowane przez czujniki ruchu pracujące w trybie master-slave. Do sterowania wymagane są dwa czujniki ruchu umieszczone w toalecie i umywalni oraz dwa kanały aktora załączającego. Po wejściu do umywalni czujnik pracujący w trybie slave wykrywa ruch i wysyła telegram do czujnika w toalecie, pracującego w trybie master, który załącza kanał aktora sterujący oświetleniem w umywalni. Przejście do toalety powoduje wykrycie ruchu przez czujnik w tym pomieszczeniu i załączenie kanału aktora sterującego oświetleniem tego pomieszczenia oraz wysłanie sygnału do czujnika w umywalni powodującego podtrzymanie załączenia oświetlenia tej umywalni.

Uwzględniając układ architektoniczny szkoły oraz opisane wyżej sterowanie oświetleniem opracowano topologię systemu KNX (rys.2), która realizuje sterowanie jedną kondygnacją skrzydła B. Urządzenia magistralne sterujące oświetleniem na każdej kondygnacji podłączone są do oddzielnej linii w topologii.



Rys.2. Topologia systemu KNX dla sterowania oświetleniem I piętra skrzydła B budynku szkoły

Do linii podrzędnych podłączone będą akty, wejścia binarne, przyciski załączające oświetlenie oraz czujniki ruchu PIR. Stacja pogodowa oraz czujnik natężenia oświetlenia podłączone będą do linii głównej. Urządzeniom magistralnym nadawane są adresy indywidualne w postaci O.L.E., gdzie O oznacza obszar, L - linię i E – numer urządzenia.

W opracowanej topologii linii podrzędnej, akty załączające i aktor ściemniający umieszczone są w rozdzielnicach i dlatego nadano im numery urządzeń od 1 do 7, natomiast pozostałe urządzenia umieszczone w pomieszczeniach mają numery od 10 do 45. W topologii przedstawionej na rys. 2, ze względu na dużą liczbę aktorów załączających, wejść binarnych, przycisków oraz czujników ruchu, zaznaczono po dwa urządzenia z każdego wymienionego wyżej rodzaju.

Linie podrzędne podłączone są do linii głównej tworząc obszar, w ten sposób $O = 1$. Linie podrzędne podłączone są do linii głównej przez sprzęgła liniowe o adresach indywidualnych określonych przez obszar O, w którym się znajdują oraz numer linii L, którą łączą, stąd adres indywidualny sprzęgieł liniowych zapisany jest w formacie O.L.O. Sprzęgła filtrują telegramy i przepuszczają tylko te, które wysyłane są z urządzenia znajdującego się w jednej linii do urządzenia znajdującego się w innej linii w tym samym lub innym obszarze. Stacja pogodowa i czujnik natężenia oświetlenia, umieszczone na elewacji budynku od strony PN i PD, podłączone do linii głównej mają adresy indywidualne zapisywane w formacie O.O.E, to znaczy mają określony numer obszaru, w którym się znajdują oraz numer urządzenia przyłączonego do linii głównej. Stacji pogodowej oraz czujnikowi natężenia oświetlenia przypisano numery 16 i 17, ponieważ numery 1-15 zarezerwowano dla linii podrzędnych.

Każda linia podrzędna oraz linia główna wymagają zastosowania zasilacza, ponieważ sprzęgła separują elektrycznie linie.

Z przedstawionej topologii wynika, że do sterowania oświetleniem, tylko na jednej kondygnacji budynku szkoły wymagane będzie zastosowanie 6 aktorów załączających 4-kanalowych i jednego aktora ściemniającego 4-kanalowego, 11 wejść binarnych, 14 przycisków, 10 czujników ruchu oraz jednego sprzęgieła i dwóch zasilaczy. Urządzenia te oraz oprogramowanie i uruchomienie instalacji w znaczący sposób zwiększają koszty instalacji oświetleniowej i dlatego ważne jest oszacowanie oszczędności energii, które może być wynikiem sterowania oświetleniem.

Zmniejszenie zużycia energii przy sterowaniu oświetleniem

Możliwości zmniejszenia zużycia energii przez sterowanie oświetleniem w budynku szkoły oszacowano na podstawie danych z miesiąca grudnia 2015 roku, rozpatrując dwa warianty sterowania, których sposób realizacji przedstawiono w pracach [7,8]:

- Wariant I sterowania przewiduje, w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych zastosowanie automatyki polegającej na załączeniu napięcia do obwodów przez włożenie karty do czytnika i jego wyłączeniu przez wyjęcie karty, natomiast obwody oświetleniowe załączane będą ręcznie i wyłączane automatycznie po wyjęciu karty. Na korytarzu i kłatkach schodowych, które nie mają dostępu do światła dziennego, oświetlenie będzie załączone w ciągu całego czasu pracy szkoły. W umywalniach i toaletach oświetlenie będzie sterowane za pomocą czujników ruchu.

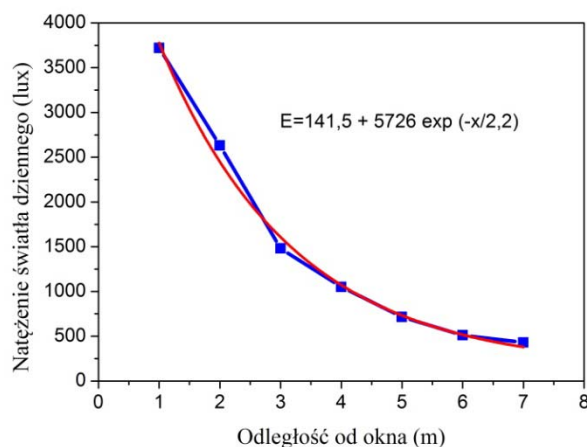
- Wariant II sterowania oświetleniem w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych będzie realizowany podobnie jak w wariantcie I przez załączanie napięcia za

pomocą karty i załączanie ręczne oświetlenia, ale dodatkowo oświetlenie będzie wyłączane automatycznie po przekroczeniu zadanej wartości natężenia światła dziennego, mierzonej przez stację pogodową i czujniki natężenia oświetlenia, umieszczone na elewacji PN i PD budynku. Na korytarzu i kłatkach schodowych, oświetlenie będzie załączone na 100% mocy w czasie przerw, natomiast podczas lekcji zostanie automatycznie ściemnione do 20% wartości mocy. W umywalniach i toaletach oświetlenie będzie sterowane czujnikami ruchu identycznie jak w wariantcie I.

Analizę prognozowanego zmniejszenia zużycia energii przez sterowanie oświetleniem w systemie KNX przeprowadzono zakładając, że moc zainstalowanego oświetlenia w układzie sterowanym będzie identyczna jak moc aktualnie zainstalowanych w budynku lamp, podana na rys.1. W obliczeniach nie uwzględniono energii zużywanej przez urządzenia sterujące.

Rozpatrując zużycie energii w wariantcie I przyjęto, że oświetlenie będzie wyłączone w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych podczas przerw, co spowodowało skrócenie czasu poboru energii do 7,5 godzin dziennie. Zużycie energii na oświetlenie korytarzy jest takie same jak przy braku sterowania. Założono, że w toaletach światło jest zapalane podczas wszystkich przerw oraz dodatkowo 1,5 godziny podczas zajęć lekcyjnych, łącznie 3 godziny.

Do obliczenia zużycia energii w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych przy sterowaniu w wariantcie II, należało określić zależność natężenia oświetlenia wewnątrz budynku od natężenia światła dziennego na zewnątrz budynku. Przykładowy rozkład natężenia światła dziennego w sali lekcyjnej przy natężeniu na zewnątrz budynku wynoszącym 13410 lux przedstawiono na rys. 3. Z rysunku wynika, że wartość natężenia w najbardziej oddalonym miejscu pracy, na wysokości 0,75 m od podłogi i odległości 6 m od okna jest większa niż 500 lux, a więc spełnia wymagania normy [1]. Przyjęto więc, że przy natężeniu światła dziennego 14000 lux, mierzonego przez stację pogodową, oświetlenie w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych może zostać wyłączone.



Rys. 3. Rozkład natężenia światła dziennego w sali lekcyjnej przy natężeniu na zewnątrz budynku wynoszącym 13410 lux.

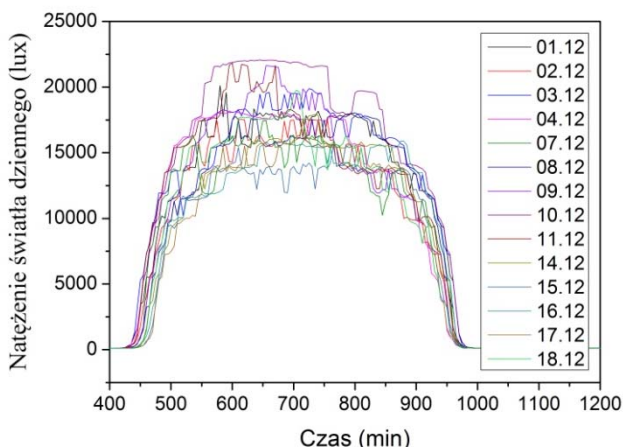
W celu określenia czasu, w którym natężenie światła dziennego było większe od 14000 lux, wykorzystano wyniki pomiarów prowadzonych w Laboratorium Systemu KNX i Oceny Efektywności Energetycznej Instalacji (Laboratorium SKNXiOEEI) Politechniki Poznańskiej. Pomiar wykonywane są przez stację pogodową oraz czujnik natężenia oświetlenia umieszczone na różnych elewacjach budynku. Zmierzone wartości, rejestrowane co 5 min, w

postaci telegramów przesyłane są do HomeServera z wykorzystaniem magistrali KNX. HomeServer wizualizuje wyniki on-line, archiwizuje je i z zadaną częstotliwością (raz na dobę) wysyła dane w pliku .csv na podane konta e-mail.

Przy braku nasłonecznienia, jakie występowało w grudniu 2015 roku, oba czujniki wskazywały jednakowe wartości, a więc można nie uwzględniać wpływu położenia budynku na dostęp światła dziennego do pomieszczeń szkoły. Rozkłady natężenia światła dziennego zarejestrowane we wszystkie dni robocze szkoły w grudniu 2015 roku przedstawiono na rys.4. Na rysunku czas liczony jest od godziny 0.00. Lekcje w klasach szkolnych rozpoczynają się od godziny 7.30 a kończą o godzinie 16.30, co odpowiada zakresowi czasu od 450 do 990 min. Na podstawie tych rozkładów określono liczbę godzin, w których to natężenie przekracza 14000 lux (rys.5) otrzymując łączny czas 61,5 godziny.

Do obliczenia prognozowanego zużycia energii na oświetlenie w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych przyjęto, że łącznie w dni robocze w czasie 61,5 godz. natężenie światła dziennego było wystarczające i mogło być wyłączone, a więc załączenie oświetlenia sztucznego jest wymagane w czasie 64,5 godz.

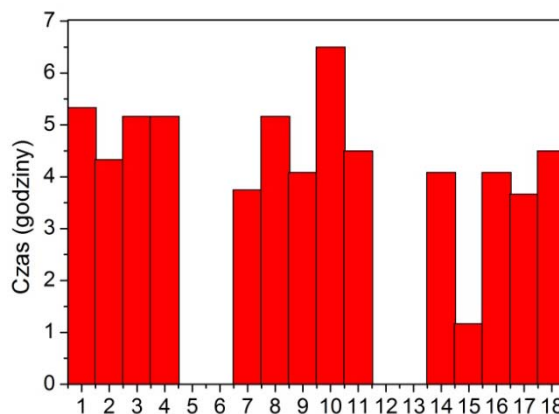
Do obliczenia zużycia energii na korytarzach przyjęto 12-to godzinny dzień pracy szkoły. Podział na przerwy i godziny lekcyjne pozwolił na określenie czasu, w którym oświetlenie załączone jest na 100% mocy, przy czym czas ten zwiększono o 1,5 godziny, w których oświetlenie rozjaśniane jest w wyniku wykrycia ruchu przez czujnik w czasie trwania zajęć lekcyjnych. Czas ten wynosi łącznie 3 godziny. W pozostałym czasie – 9 godzin oświetlenie załączone jest na 20% mocy.



Rys.4. Natężenie światła dziennego w dniach roboczych grudnia 2015 roku, pomierzone w Laboratorium SKNXiOEEI

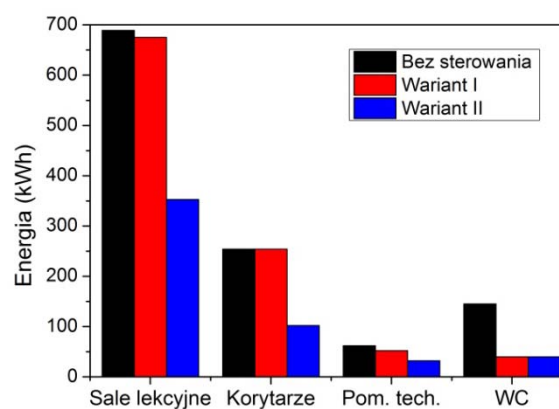
Zużycie energii na oświetlenie w budynku szkoły dla różnych wariantów sterowania przedstawiono na rysunku 6. Jak już podano, łączne prognozowane zużycie energii na oświetlenie w miesiącu grudniu wynosi 1150,2 kWh a najwięcej energii zużywane jest na oświetlenie sal lekcyjnych ze względu na największą moc zainstalowaną i najdłuższy czas użytkowania oświetlenia. Zmniejszenie zużycia energii należy przede wszystkim realizować przez sterowanie oświetleniem w salach lekcyjnych. Zastosowanie kart dostępu i sterowanie za pomocą czujników ruchu w sanitariatach, rozpatrywane jako wariant I pozwoliło na zmniejszenie całkowitego zużycia energii w miesiącu grudniu o 130 kWh, co stanowi 15% zużycia energii bez sterowania. W pozostałych miesiącach zużycie energii może być mniejsze, ponieważ nauczyciel będzie musiał załączać oświetlenie ręcznie, każdorazowo po wejściu do sali, a więc przy wystarczającym natężeniu

światła dziennego można się spodziewać, że nie załączy on oświetlenia sztucznego.



Dni robocze w grudniu 2015 r.

Rys.5. Liczba godzin w dniach roboczych grudnia 2015 roku, w których natężenie światła dziennego przekracza 14000 lux



Rys.6. Prognozowane zużycie energii elektrycznej na oświetlenie w części dydaktycznej I piętra skrzydła B budynku szkoły

Znacznie większe oszczędności energii w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych można uzyskać stosując sterowanie automatyczne, polegające na wyłączeniu oświetlenia przy dostatecznym natężeniu światła dziennego, mierzonym przez czujniki umieszczone na elewacji budynku. W rozpatrywanym przypadku zużycie energii zmniejszyło się o 341 kWh (różnica zużycia energii w wariantcie I i II), a więc o około 47% zużycia energii w wariantcie I.

Zużycie energii na oświetlenie w korytarzach jest około 3 krotnie mniejsze niż w salach lekcyjnych i w miesiącu grudniu, przy braku sterowania wynosiło 254 kWh, co stanowi 22,1% energii całkowitej. Należy jednak zauważyć, że jeśli korytarze nie mają dostępu do światła dziennego to oświetlenie będzie załączone praktycznie przez cały czas pracy szkoły a zużycie energii w ciągu roku może być porównywalne ze zużyciem tej energii w salach lekcyjnych. Sterowanie załącz/wyłącz tego oświetlenia nie jest możliwe ze względu na zjawisko olśnienia, dlatego dobrym rozwiązaniem jest ściemnianie przy braku obecności osób na korytarzu. Stosując takie rozwiązanie uzyskano zmniejszenie zużycia energii o 152 kWh co stanowi 60% zużycia przy braku sterowania.

Zużycie energii w toaletach przy założeniu braku sterowania oszacowano jako 145 kWh, co stanowi około 12,6% energii całkowitej. Zastosowanie sterowania za pomocą czujników ruchu pozwoliło zmniejszyć to zużycie o 105 kWh, a więc o 72% energii zużywanej bez sterowania.

Podsumowanie

Zmniejszenie zużycia energii na oświetlenie w budynku szkoły jest możliwe przez sterowanie oświetleniem przy wykorzystaniu światła dziennego. Oszacowanie tego zmniejszenia na etapie projektowania, a przez to uzasadnienie zastosowania kosztownych systemów sterowania oświetleniem jest trudne, gdyż wymaga uwzględnienia wielu czynników. Należą do nich przede wszystkim czynniki wpływające na dostępność światła dziennego wewnątrz pomieszczeń, a więc położenie budynku, jego otoczenie, wielkość okien i głębokość pomieszczeń. Zaproponowane w pracy sterowanie oświetleniem w salach lekcyjnych w zależności od natężenia światła dziennego może przynieść znaczne oszczędności, wymaga jednak przeprowadzenia pomiarów umożliwiających określenie wartości natężenia światła dziennego, dla której, w najbardziej oddalonym od okna miejscu pracy, natężenie to spełnia wymagania normy. W rozpatrywanym budynku oszacowano zmniejszenie zużycia energii o około 50% w porównaniu z zużyciem energii bez sterowania. Tak duże oszczędności uzyskano dla miesiąca grudnia, w którym możliwy czas wyłączenia oświetlenia jest najkrótszy. W pozostałych miesiącach czasu, w którym oświetlenie może być wyłączone wydłuża się, a więc oszczędności energii mogą być jeszcze większe, uwzględniając wyniki badań, które pokazują, że przy braku automatycznego sterowania oświetleniem użytkownicy nie wyłączają go pomimo osiągnięcia wystarczającego poziomu natężenia.

Prostszym sterowaniem jest sterowanie załącz/wyłącz przy użyciu kart dostępu, które po włożeniu do czytnika powodują podanie napięcia do obwodów odbiorczych, natomiast załączanie oświetlenia odbywa się ręcznie. W rozpatrywanym budynku takie sterowanie zastosowane w salach lekcyjnych i pomieszczeniach technicznych pozwoliło na zmniejszenie prognozowanego zużycia energii o około 3% w porównaniu z zużyciem energii bez sterowania, uwzględniając, że oświetlenie wyłączane jest tylko podczas nieobecności uczniów w klasie, a więc w czasie przerw. Należy jednak oczekiwać, że zmniejszenie zużycia energii będzie znacznie większe, ponieważ nauczyciel, wchodząc do klasy po przerwie, nie będzie załączał oświetlenia sztucznego przy wystarczającym świetle dziennym.

Znaczne oszczędności energii (w rozpatrywanym przypadku około 22%) można uzyskać stosując sterowanie ściemnij/rozjaśnij w korytarzach bez dostępu światła

dziennego. Realizacja tego sterowania wymaga jednak szczególnej dbałości o wyeliminowanie zjawiska olśnienia i zapewnienie szybkiego rozjaśniania lamp po wykryciu ruchu.

Zastosowanie w umywalniach i toaletach sterowania za pomocą czujników ruchu pozwoliło zmniejszyć prognozowane zużycie energii o 72% energii zużywanej bez sterowania. Ze względu jednak na niewielkie moce opraw, energia zużywana na oświetlenie tych pomieszczeń stanowi niewielką część zużycia całkowitego.

Praca finansowana w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka nr POIG.02.02.00-00-018/08 p.t. Sieć certyfikowanych laboratoriów oceny efektywności energetycznej i automatyki budynków oraz 04/41/DSPB/4239.

Autorzy:

*mgr inż. Sławomir Sowa doktorant na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej, E-mail: Sławomir.b.Sowa@doctorate.put.poznan.pl
prof. dr hab. inż. Aniela Kamińska, Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań, E-mail: Aniela.Kaminska@put.poznan.pl*

LITERATURA

- [1] PN-EN 12464-1 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Miejsca pracy we wnętrzach.
- [2] M. Zajkowski, D. Tyniecki, Ocena efektywności energetycznej w budynkach służby zdrowia, *Przegląd Elektrotechniczny*, 12/2016, 306-310
- [3] G. Y. Yun, H. J. Kong, H. Kim, J. T. Kim, Effects of occupancy and lighting use patterns on lighting energy consumption, *Energy and Buildings*, 46, 2012, 152-158
- [4] J. A. Love, Manual switching patterns observed in private offices, *Lighting Research and Technology* 30, 1998, 45-50
- [5] D. Typańska, T. Jarmuda, Improving the energy efficiency of lighting through the use of KNX system, *Przegląd Elektrotechniczny*, 7/2014, 80-83
- [6] M. Kurkowski, T. Popławski, P. Cieślak, Efektywność energetyczna instalacji oświetleniowej z układami sterowania, *Przegląd Elektrotechniczny*, 1/2017, 165-168
- [7] A. Kamińska, L. Muszyński, Z. Boruta, R. Radajewski, Nowoczesne techniki w projektowaniu energooszczędnych instalacji budynkowych w systemie KNX, POIG.02.02.00-00-018/08-00, 2011
- [8] A. Kamińska, R. Radajewski, Instalacja do badania algorytmów sterowania oświetleniem, *Przegląd Elektrotechniczny*, 10/2010, 286-288