

dr inż. Jakub Grela

Wpływ systemów automatyzacji i sterowania na efektywność energetyczną budynków

Nowo budowane oraz modernizowane budynki, są obiektami wyposażanymi w urządzenia, instalacje i systemy, zużywające różne formy energii. W branży budowlanej prowadzone są poszukiwania rozwiązań mających zapewnić poprawę komfortu użytkownika budynków i ich infrastruktury, wzrost bezpieczeństwa użytkowników oraz ograniczenie zużycia energii. Wymuszają one stosowanie środków, zarówno technicznych jak i programowych, umożliwiających sterowanie i zarządzanie wspomnianymi elementami infrastruktury. Stąd obecność w nowoczesnych budynkach różnych systemów automatyzacji i sterowania, które umożliwiają nadzorowanie, sterowanie, harmonogramowanie, alarmowanie i rejestrację danych historycznych instalacji technologicznych i urządzeń. Rolą tych systemów jest nadzorowanie i sterowanie pracą podsystemów, instalacji technologicznych i urządzeń w budynkach w sposób zautomatyzowany, tak aby działały one efektywnie i wydajnie, niezawodnie i automatycznie. Pomimo wzrostu świadomości negatywnych skutków działalności człowieka na środowisko (m.in. emisja gazów cieplarnianych i CO₂), zapotrzebowanie na energię jest coraz większe. Według różnych raportów i badań, budynki komercyjne i mieszkalne są odpowiedzialne za ok. 40% całkowitego zużycia energii. Dlatego istotne jest poszukiwanie technologii wpływających na zmniejszenie konsumpcji energii. W przypadku obiektów budowlanych takimi rozwiązaniami są m.in. systemy automatyzacji i sterowania budynkiem (ang. BACS – Building Automation and Control Systems) oraz współpracujące z nimi systemy zarządzania budynkiem (ang. BMS – Building Management Systems), przy zachowaniu założenia, że systemy te zostały odpowiednio zaprojektowane, zintegrowane i dbają o wysoką wydajność operacyjną budynku.

Obszary zastosowań systemów automatyzacji i sterowania budynków

Obserwowany współcześnie rozwój techniki, w szczególności w branży teleinformatycznej i komunikacji sieciowej, determinuje zmiany w bezpośrednim otoczeniu człowieka i jego codziennym życiu. Różnorodność i stopień zaawansowania funkcji nowych urządzeń i rozwiązań, przy jednoczesnym uproszczeniu ich obsługi, oferuje możliwość realizacji idei „świata zautomatyzowanego”. Dlatego właśnie nowoczesne technologie w dziedzinie automatyki, elektroniki i informatyki zaczęły funkcjonować nie tylko w środowisku przemysłowym, ale również w najbliższym otoczeniu człowieka – między innymi w budynkach. Komfort człowieka i ułatwienie mu egzystencji w miejscu, w którym wypoczywa, pracuje, mieszka, stały się jednym z głównych motywów powstania nowoczesnych systemów automatyki budynkowej. Systemy te stają się coraz bardziej popularne nie tylko w hotelach, budynkach użyteczności publicznej czy biurach, lecz również w domach i budynkach mieszkalnych. Współczesne systemy automatyki budynkowej pozwalają na realizację praktycznie wszystkich funkcji związanych z komfortem i bezpieczeństwem użytkowników budynków oraz zmniejszeniem zużycia różnych form energii:

- sterowanie ogrzewaniem,
- sterowanie przygotowaniem ciepłej wody użytkowej,
- sterowanie chłodzeniem,
- sterowanie wentylacją i klimatyzacją,
- sterowanie oświetleniem,
- sterowanie ochroną przed słońcem oraz oknami,
- sterowanie pozostałymi elementami zużywającymi energię w budynku,
- realizacja systemu sygnalizacji włamania i napadu (SSWiN),

- realizacja systemu kontroli dostępu,
- realizacja monitoringu i telewizji przemysłowej (CCTV)
- realizacja instalacji domofonowej i wideo-domofonowej
- realizacja instalacji A/V (Audio/Video)
- realizacja systemu nadzoru dystrybucji i monitoringu energii oraz mediów
- realizacja systemu zasilania bezprzerwowego (UPS)
- integracja z systemami przeciwpożarowymi oraz automatycznego gaszenia i inne,
- wizualizacja stanu pracy i obsługa podsystemów oraz zdalne sterowanie np. przez sieć Internet.

Wraz z coraz powszechniejszym zastosowaniem alternatywnych i odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz wzrostem zainteresowania kwestiami poprawy efektywności energetycznej całych budynków i poszczególnych, pracujących w nich urządzeń, otworzyły się nowe obszary możliwych zastosowań systemów automatyki budynkowej. Konieczne jest również upowszechnienie wiedzy o tych innowacyjnych rozwiązaniach w środowiskach projektantów, wykonawców i użytkowników oraz badanie i ocena skutków ich stosowania. Tylko bowiem skuteczne współdziałanie tych podmiotów od samego początku fazy projektowania nowych lub modernizacji starszych budynków, pozwoli na optymalne wykorzystanie wszystkich dostępnych funkcjonalności, wzrost bezpieczeństwa osób i urządzeń wraz z poprawą efektywności energetycznej i komfortu użytkowników.

Rodzaje systemów inteligentnych budynków

W ramach rodzajów BACS należy wyróżnić rozwiązania oparte o technologie i produkty konkretnych firm ((1) systemy zamknięte, firmowe) oraz systemy zrealizowane z wykorzystaniem technologii niezależnych od poszczególnej firmy, która może zostać zaimplementowana przez różnych producentów modułów automatyki ((2) systemy otwarte). Do grupy systemów zamkniętych zalicza się rozwiązania i urządzenia opracowane i sprzedawane zwykle przez jednego producenta. Takie systemy zazwyczaj są dedykowane do określonych zadań (wentylacja, oświetlenie, RTV/AGD). Często zdarza się, że nie zawierają one wszystkich elementów niezbędnych do realizacji kompletnych BACS, a jeżeli nawet posiadają aktualnie potrzebne funkcje, to w przyszłości mogą okazać się niemożliwe do rozbudowy lub modernizacji np. z powodu niekompatybilności. W przypadku braku realizacji wymaganej funkcji przez standard jednej firmy, jego integracja z innym obcym systemem bywa kosztowna i utrudniona. Dzięki niejawności takich systemów sensowne jest stosowanie ich wszędzie tam, gdzie wymagane jest zapewnienie odpowiedniego poziomu

bezpieczeństwa, właśnie przez zastosowanie niejawnego protokołu komunikacyjnego. Z kolei systemy nazywane otwartymi to takie, w których stosuje się określone rozwiązania i standardy komunikacyjne niezależne od producentów. Charakteryzują się one interoperacyjnością, czyli zdolnością różnych urządzeń, również pochodzących od różnych producentów, do pełnej współpracy na płaszczyźnie fizycznej i funkcjonalnej, w tym integracji na poziomie obiektywnym¹. Uzyskany dzięki temu system jest elastyczny, może być rozbudowany o kolejne elementy, obsługujące różne podsystemy infrastruktury budynkowej. Organizacja sieci sterowania w systemach otwartych cechuje się rozproszeniem poszczególnych urządzeń realizujących określone funkcje, które połączone ze sobą w warstwie logicznej, wykonują zaawansowane zadania automatyki budynku.

Ponadto dla budynków różnego typu, przeznaczenia i kubatury, należy zwrócić uwagę na sposób organizacji BACS. W systemach istniejących oraz nowo instalowanych w budynkach, możliwe jest wyróżnienie:

- a) niezależnych systemów specjalizowanych,
- b) systemów scentralizowanych,
- c) systemów rozproszonych i zintegrowanych systemów rozproszonych,
- d) systemów rozwijanych w ramach koncepcji Internetu Rzeczy (ang. IoT - Internet of Things), w tym także znaczące upowszechnienie komunikacji bezprzewodowej.

Niezależne systemy specjalizowane (a) są to najczęściej rozwiązania tradycyjne, dedykowane do danych zastosowań, z reguły posiadające znaczne ograniczenia lub uniemożliwiające integracje urządzeń automatyki w ramach różnych instalacji technologicznych. Niezalecane przy obecnym stanie techniki. Ich jedyną zaletą, w pewnych przypadkach, może być relatywnie niski koszt zakupu. Firmy i ośrodki naukowe w swoich badaniach dążyły do połączenia wspomnianych wcześniej instalacji i systemów stosowanych w budynkach w jeden zintegrowany system BACS. Doprowadziło to w pierwszym etapie do powstania systemów scentralizowanych (b), które z reguły, są rozwiązaniami dedykowanymi do poszczególnych zastosowań np. sterowniki zarządzalne do klimatyzacji, centralki SSWiN, które oprócz realizacji dedykowanego dla nich zadania, umożliwiają „twardo-drutowe” połączenie i sterowanie innymi podsystemami technologicznymi jak np. rolety lub oświetlenie. W przypadku większych systemów bazują one na swobodnie programowalnych sterownikach PLC lub minikomputerach. Rozwiązanie to jest spotykane w mniejszych obiektach jak domy, mieszkania. Ich integracja z innymi podsystemami, może wymagać dużego nakładu pracy

¹Integracja na poziomie obiektywnym - Wprowadzenie połączeń komunikacji i transmisji danych z wykorzystaniem standardowych protokołów automatyki budynkowej lub przemysłowej, umożliwiających wymianę danych między sterownikami i innymi węzłami sieci automatyki i sterowania, w celu realizacji wspólnych, zaawansowanych funkcji, bez udziału jednostek nadrzędnych. Umożliwia integrację elementów automatyki bez konieczności stosowania, często bardzo drogich, dedykowanych interfejsów komunikacyjnych, konwerterów lub przekazywania informacji na poziomie komputerowych stacji nadzorczych.

integratorskiej lub okazać się dość kosztowna – doposażenie systemu, o ile istnieją, w dedykowane bramki, gateway (pełniące rolę translatorów pomiędzy protokołami). Systemy te wykorzystują centralną jednostkę (jedną lub kilka), posiadają bardzo istotną wadę, mianowicie awaria tej jednostki powoduje w krytycznym przypadku wstrzymanie pracy całego budynku takiego jak hotel czy biurowiec, co może doprowadzić do dyskomfortu dużej liczby korzystających z niego osób. Można zapobiegać takim skutkom przez dublowanie sterowników (redundancja), jednak zwiększa to koszty instalacji i wciąż pozostaje rozwiązaniem nie do końca satysfakcjonującym zarządców i użytkowników budynków. Koncepcja zintegrowanych systemów rozproszonych lub sieci sterowania (c) to rozwiązanie oparte o tzw. węzły sieciowe, moduły wyposażone w mikrokontrolery i interfejs sieciowy, połączone magistralą transmisji danych (możliwe różne nośniki transmisji danych). Instalacje takie do połączenia często wykorzystują sieć o architekturze każdy z każdym (ang. P2P - peer-to-peer). Każdy węzeł sieci posiada zdolność realizacji algorytmów sterowania, powiązanych z lokalnie przyłączonymi sygnałami procesowymi wejść/wyjść (czujniki, elementy wykonawcze), a także zdolność wymiany danych z innymi węzłami, za pośrednictwem sieci. Istotnym elementem takiego systemu jest standardowy protokół wymiany danych, np. definiowany normami międzynarodowych organizacji normalizacyjnych jak np. ISO, który jest implementowany w mikrokontrolerze każdego węzła sieci. Logika sterująca może być realizowana w ramach poszczególnych węzłów lub poprzez współdziałanie grup wybranych węzłów. Systemy takie są popularne we współczesnych systemach automatyki budynkowej. Oferują one praktycznie bezproblemową integrację funkcjonalną instalacji technologicznych, modułów automatyki i elementów monitoringu parametrów technicznych pracy urządzeń, zużycia energii itp. Dlatego też rozwiązanie to powinno być stosowane w obecnie budowanych lub modernizowanych budynkach. Przy takim rozwiązaniu system BACS obejmuje sprzęt i aparaturę przyłączoną do sieci oraz systemy komunikacyjne, które umożliwiają dostęp do danych z całego budynku. Dzięki integracji systemów, użytkownik może zarządzać wszystkimi parametrami w budynku. Jeszcze kilka lat temu projektanci i integratorzy obawiali się stosowania komunikacji bezprzewodowej w automatyce budynkowej, a dzisiaj popularne są sieci Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, EnOcean czy Z-Wave. Obecnie ważnym kierunkiem rozwoju sieci sterowania i monitoringu w budynkach są nowe technologie (d) dedykowane dla BACS oraz ewolucja istniejących standardów automatyki budynków w kierunku idei Internetu Rzeczy (IoT), czy też Budynkowego Internetu Rzeczy (BIoT). IoT to nowy paradygmat, wskazujący na wykorzystanie technologii sieci IT i protokołu IP, w celu połączenia i wymiany danych różnych urządzeń, systemów, podsystemów i technologii wykorzystywanych w budynkach i w otoczeniu człowieka. Obserwowana tendencja stałego wzrostu oczekiwań użytkowników budynków i odbiorców energii (poprawa komfortu użytkowania, zapewnienie

bezpieczeństwa oraz redukcja zużycia energii), wymaga stosowania złożonych rozwiązań technologicznych i systemów sieciowych, ukierunkowanych na jak najpełniejszą integrację instalacji technologicznych.

Istotnym elementem możliwości integracji instalacji technologicznych w ramach zastosowanego systemu automatyzacji powinno być określenie jego pozycji rynkowej, wydajności i skalowalności. Bez względu na rewolucje technologiczne, przy organizacji takich systemów monitoringu i sterowania ważną wytyczną będzie zawsze zmniejszenie poboru energii elektrycznej, wzrost wydajności, uproszczenie topologii, redukcja okablowania i zwiększenie mobilności użytkowników budynek ludzi, a także poprawa ich bezpieczeństwa i komfortu. Przewidzieć można, że w inteligentnym budynku będzie kontynuowane dążenie do miniaturyzacji urządzeń i jeszcze większej integracji różnych podsystemów. Coraz częstsze zastosowanie systemów automatyki budynków nie tylko w dużych obiektach, ale w domach i mieszkaniach będzie podyktowane wymaganiami prawnymi dotyczącymi oszczędności energetycznej oraz czynnikami ekonomicznymi. Można również przypuszczać, że z czasem nowe budynki mieszkalne będą standardowo wyposażone w odpowiednią infrastrukturę i media (przewody, routery, bramy, wzmacniacze) służące późniejszym instalacjom.

Systemy automatyki a efektywność energetyczna budynków

Budynki to obiekty będące obecnie jednym z największych konsumentów różnych rodzajów energii, pochodzących z różnorodnych źródeł. Dlatego też w ostatnich latach podejmowane są liczne działania ukierunkowane na zmniejszenie ich energochłonności, przy zachowaniu pełnej funkcjonalności i komfortu użytkowania. Jednym z elementów poprawy efektywności energetycznej budynków może być zastosowanie systemu automatyzacji i sterowania. Należy podkreślić, że zmniejszenie zużycia energii jest jednym z podstawowych celów realizowanych na całym świecie, gdzie podjęto liczne procedury legislacyjne, mające za zadanie zobligowanie podmiotów gospodarczych oraz osoby indywidualne do działania na rzecz poprawy efektywności energetycznej obiektów przemysłowych, środków transportowych, budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, ale także urządzeń technicznych oraz sprzętu AGD i RTV. Ze względu na usytuowanie geopolityczne Polski, państwa członkowskiego Unii Europejskiej (UE), szczególnie interesujące i wiążące są dla Polaków dyrektywy i zarządzenia podejmowane w tym zakresie tematycznym przez Parlament Europejski i Radę Europy. Stanowią one podstawę do obowiązujących w kraju ustaw i rozporządzeń. W zakresie efektywności energetycznej budynków wprowadzono dwie Dyrektywy: 2002/91/WE oraz 2010/31/UE. Są to tzw. „Dyrektywy EPBD” (ang. Energy Performance of Buildings Directive). Wspomniane dyrektywy oraz opracowane na ich podstawie krajowe ustawy i rozporządzenia stały się

czynnikiem do opracowania lub zmodyfikowania odpowiednich norm branżowych. Spełnienie podstawowych założeń dotyczących efektywności energetycznej budynku związane jest z następującą grupą norm: właściwości energetyczne budynku, właściwości energetyczne ogrzewania i gorącej wody użytkowej, wentylacja i klimatyzacja, właściwości energetyczne oświetlenia, normy dotyczące wyrobów i systemów sterowania i automatyzacji budynków. Jednym z dokumentów odnoszących się do wspomnianych obszarów jest norma PN-EN 15232 pt. „Energetyczne właściwości budynku - Wpływ automatyzacji, sterowania i technicznego zarządzania budynkami”. Jest ona częścią serii norm mających na celu osiągnięcie harmonizacji metodologii obliczania właściwości energetycznych budynków.

W celu podjęcia starań umożliwiających identyfikację i klasyfikację czynników wpływających na poziom energochłonności budynków i ich instalacji, konieczne jest wykorzystanie istniejących już przepisów i norm w tym zakresie, definiujących pojęcia i wyznaczających ramy działań dotyczących oceny i poprawy efektywności energetycznej budynków. Analiza zapisów dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady, norm i poradników branżowych pozwala na określenie trzech grup czynników mających wpływ na efektywność energetyczną budynku, są to:

- czynniki związane z konstrukcją budynku,
- czynniki związane z infrastrukturą energetyczną budynku,
- czynniki związane z infrastrukturą sterującą i monitorującą.

Głównymi czynnikami oddziałującymi na efektywność energetyczną budynków, a związanymi z elementami ich infrastruktury energetycznej, są:

- sposób wykonania instalacji elektrycznej,
- rodzaj zastosowanych źródeł światła,
- sposób wykonania instalacji ogrzewania (jeśli jest),

- sposób wykonania instalacji klimatyzacji i wentylacji pomieszczeń (jeśli jest).

Z kolei, wpływ elementów infrastruktury sterującej i monitorującej na efektywność energetyczną budynków można zdefiniować przez funkcje sterowania, które będą realizowane dla poszczególnych podsystemów technicznych i funkcji budynku. Funkcje te i procedury będą z jednej strony realizowały sterowanie zmierzające do zmniejszenia zużycia energii, a równocześnie realizowały algorytmy zgodne z aktualnym trybem użytkowania budynku i z potrzebami użytkownika. Dla poszczególnych podsystemów można zdefiniować zestawy funkcji automatycznego sterowania, których algorytmy mogą być realizowane. W uproszczeniu, każdy podsystem i instalacja technologiczna może być sterowana na cztery sposoby: (1) bez sterowania automatycznego, (2) z automatycznym sterowaniem centralnym, (3) z indywidualnym, autonomicznym sterowaniem pomieszczeniem, (4) z indywidualnym sterowaniem pomieszczeniem, z komunikacją z systemem nadrzędnym oraz z funkcją sterowania zależną od zapotrzebowania (np. od obecności użytkownika, aktualnej temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, trendu temperatury zewnętrznej itp.). Należy podkreślić, że o wpływie elementów infrastruktury sterującej i monitorującej na efektywność energetyczną budynków w bardzo dużym stopniu decyduje sposób konstrukcji i realizacji instalacji technologicznych zastosowanych w budynku. Im bardziej instalacje te umożliwiają dostarczenie poszczególnych form energii do indywidualnego pomieszczenia lub strefy, tym lepsza będzie jakość wpływu systemów automatyzacji i sterowania budynkiem. Zestawienie funkcji sterowania poszczególnych podsystemów wykorzystujących niezbędne elementy infrastruktury sterującej zostało przedstawione w tabeli nr 1.

Tabela 1. Sterowanie możliwe do zastosowania w poszczególnych podsystemach technicznych i funkcjach w budynku

1. Podsystem ogrzewania
1.1 Sterowanie emisją (wydatkiem)
1.2 Sterowanie emisją przez termoaktywne systemy budynkowe (ang. TABS)
1.3 Sterowanie temperaturą w sieci zasilania ciepłej wody (na zasilaniu lub powrocie)
1.4. Sterowanie pompami w sieci zasilania
1.5. Sterowanie z przerwami zasilania i/lub dystrybucji
1.6 Sterowanie źródłem ze względu na spalanie i ogrzewanie z sieci miejskiej
1.7 Sterowanie źródłem dla pomp ciepła
1.8 Sekwencyjne sterowanie różnymi źródłami
1.9 Zasobniki energii termicznej (ang. TES)

2. Podsystem zasilania w ciepłą wodę użytkową
2.1 Sterowanie temperaturą w zasobniku ciepłej wody użytkowej (DHW) ze zintegrowanym ogrzewaniem elektrycznym lub elektryczną pompą ciepła
2.2 Sterowanie temperaturą w zasobniku ciepłej wody użytkowej (DHW) z zastosowaniem zewnętrznych źródeł ciepła
2.3 Sterowanie temperaturą w zasobniku ciepłej wody użytkowej (DHW) z zastosowaniem zewnętrznych źródeł ciepła lub zintegrowanego ogrzewania elektrycznego, w zależności od sezonu
2.4 Sterowanie temperaturą w zasobniku ciepłej wody użytkowej (DHW) z zastosowaniem kolektorów słonecznych i zewnętrznych źródeł ciepła
2.5 Sterowanie pompą obiegową ciepłej wody użytkowej (DHW)
3. Podsystem chłodzenia
3.1 Sterowanie emisją (wydatkiem)
3.2 Sterowanie emisją przez termoaktywne systemy budynkowe (ang. TABS)
3.3 Sterowanie temperaturą w sieci zasilania wody chłodniczej (na zasilaniu lub powrocie)
3.4 Sterowanie pompami w sieci zasilania
3.5 Sterowanie z przerwami zasilania i/lub dystrybucji
3.6 Sterowanie z przerwami zasilania i/lub dystrybucji
3.7 Sterowanie różnymi źródłami chłodu
3.8 Sekwencyjne sterowanie różnymi źródłami
3.9 Zasobniki energii termicznej (ang. TES)
4. Podsystem sterowania wentylacją i klimatyzacją
4.1 Sterowanie przepływem powietrza na poziomie pomieszczenia
4.2 Sterowanie temperaturą powietrza w pomieszczeniu (systemy powietrzne)
4.3 Sterowanie temperaturą powietrza w pomieszczeniu (systemy powietrzno-wodne)
4.4 Sterowanie przepływem powietrza wywiewanego
4.5 Sterowanie przepływem powietrza lub ciśnieniem na poziomie jednostki przygotowującej powietrze
4.6 Sterowanie zabezpieczeniem przed zeszczeniem strony wywiewu wymiennika odzysku ciepła/chłodu
4.7 Sterowanie wymiennikiem ciepła (zapobieganie przegrzewaniu)
4.8 Swobodne chłodzenie mechaniczne
4.9 Sterowanie temperaturą powietrza zasilającego
4.10 Sterowanie wilgotnością
5. Podsystem sterowania oświetleniem
5.1 Sterowanie od obecności (zajętości) pomieszczenia
5.2 Sterowanie od oświetlenia dziennego
6. Podsystem sterowania żaluzjami (roletami)
6.1 Sterowanie żaluzjami
7. Techniczne zarządzanie domem i budynkiem

7.1	Możliwości obsługi
7.2	Wykrywanie usterek w systemach domowych i budynkowych i zapewnienie wspomaganie diagnostyki tych usterek
7.3	Raportowanie ze względu na zużycie energii, warunki wewnętrzne oraz
8.	Funkcja obecności w pomieszczeniu lub strefie
8.1	Program czasowy
8.2	Ocena zajętości pomieszczenia
9.	Funkcja zapewnienia warunków środowiskowych w pomieszczeniu
9.1	Wybór odpowiedniej formy energii i obliczanie punktów nastaw
9.2	Sterowanie temperaturą w pomieszczeniu (ogrzewanie, chłodzenie, klimatyzacja)
9.3	Sterowanie wentylacją
10.	Funkcja zapewnienia warunków oświetlenia
10.1	Sterowanie oświetleniem
11.	Funkcja ochrony przed wpływem energii słonecznej
11.1	Ochrona przed czynnikami pogodowymi (dotyczy zewnętrznych elementów zacinających np. markizy)
11.2	Sterowanie przeciw oślepiające
11.3	Sterowanie żaluzjami (roletami)
11.4	Wspomaganie ogrzewania albo chłodzenia
11.5	Sterowanie napędem elektrycznym

Funkcje sterowania przedstawione w tabeli nr 1 mogą w sposób bezpośredni lub pośredni oddziaływać na zużycie różnych form energii zastosowanych w budynku podsystemów i instalacji technologicznych. Na ogół celem takiego oddziaływania jest minimalizacja zużycia energii w budynku oraz poprawa jego efektywności energetycznej. Kluczowym działaniem w tym zakresie jest wykonanie odpowiedniej integracji poszczególnych podsystemów i instalacji z wykorzystaniem BACS. Wspomniana norma PN-EN 15232 wprowadza również klasyfikację sprawności energetycznej systemów automatyzacji budynków. Zdefiniowano w niej cztery klasy, oznaczone literami od A do D, sprawności funkcji systemów sterowania i automatyki budynków, zarówno dla budynków mieszkalnych jak i budynków niemieskalnych.

- Do klasy D należy zaliczyć systemy BACS, które nie cechują się wpływem na efektywność energetyczną budynków. Do klasy tej powinno zaliczyć się system, który nie posiada zaimplementowanego minimalnego zestawu funkcji właściwego dla systemu klasy C. Nie powinno się budować nowych budynków z takimi systemami, a istniejące budynki z takimi systemami powinny podlegać unowocześnieniu.
- Do klasy C należy zaliczyć standardowe systemy BACS. Do klasy tej powinno zaliczyć się system, który posiada zaimplementowany minimalny zestaw funkcji zdefiniowany

w normie PN-EN 15232.

- Do klasy B należy zaliczyć zaawansowane systemy BACS z niektórymi funkcjami technicznego zarządzania budynkiem (TBM). Do klasy tej powinno zaliczyć się system, który niezależnie od funkcji właściwych dla systemu klasy C, posiada zaimplementowane niektóre szczególne funkcje automatyzacji budynku. Sterowniki pomieszczeń powinny mieć możliwość komunikacji z systemem automatyki budynku.
- Do klasy A należy zaliczyć system BACS i TBM o dużej efektywności energetycznej z pełną funkcjonalnością technicznego zarządzania budynkiem. Do klasy tej powinno zaliczyć się system, który niezależnie od funkcji właściwych dla systemu klasy B, posiada zaimplementowane najbardziej zaawansowane funkcje automatyzacji budynku i technicznego zarządzania budynkiem. Sterowniki pomieszczeń powinny zapewniać możliwość sterowania instalacjami HVAC wg aktualnego zapotrzebowania (np. dostosowanie wartości zadanych oparte na wykrywaniu obecności użytkownika, jakości powietrza, itp.) z uwzględnieniem dodatkowych zintegrowanych funkcji uwzględniających relacje pomiędzy systemem HVAC i różnymi innymi usługami budynkowymi (np. zasilanie elektryczne, oświetlenie, osłony przeciwsłoneczne, itd.). W klasie A, dostawa

różnych form energii do każdego pomieszczenia budynku podlega precyzyjnemu sterowaniu zależnemu od rzeczywistego zapotrzebowania na daną formę energii w tym pomieszczeniu.

Istotnym aspektem realizacji funkcji sterowania i zarządzania określonymi instalacjami technologicznymi jest sposób konstrukcji tych instalacji, który ma bezpośredni wpływ na możliwość implementacji wspomnianych funkcji, a tym samym pośredni wpływ na sprawności energetyczną BACS. Dlatego ostateczna klasyfikacja wpływu systemu sterowania, automatyki i technicznego zarządzania budynkiem na efektywność energetyczną budynku, zależy w pierwszej kolejności od takiej konstrukcji instalacji technologicznych budynku, która cechuje się podatnością na sterowanie, a w drugiej kolejności od zastosowanych funkcji sterowania i zarządzania. Przykładowo, jeżeli instalacja technologiczna wentylacji i/lub klimatyzacji uniemożliwia indywidualne sterowanie ilością dostarczanego powietrza do każdego z pomieszczeń lub stref, to niemożliwe jest zastosowanie w systemie sterowania funkcji indywidualnego sterowania wentylacją w każdym pomieszczeniu, a tym samym nie można zakwalifikować tej funkcji systemu sterowania do klasy A.

W normie PN-EN 15232 przedstawiono metodę oceny wpływu systemów automatyki na efektywność energetyczną budynków oraz sposób na ustalenie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię w zależności od funkcjonalności systemu BACS. Metoda współczynników efektywności BACS opiera się na przedstawionych w normie tabelach współczynników efektywności systemów BACS dla podstawowych instalacji technologicznych, dla różnego typu budynków, o różnych profilach użytkowania, w odniesieniu do referencyjnego

systemu automatyzacji budynku, sterowania i zarządzania o funkcjonalności odpowiadającej klasie C wpływu systemu BACS na efektywność energetyczną budynku. Współczynniki efektywności BACS przedstawione w normie zostały określone w wyniku dużej liczby symulacji komputerowych. Wpływ systemu automatyki na właściwości energetyczne budynków został określony przez porównanie rocznego zużycia energii standardowego pomieszczenia (zgodnie z wytycznymi zawartymi w dyrektywie energetycznej EPBD 2006) dla różnych funkcji BACS i TBM, reprezentujących ich różne klasy. Metoda ta umożliwia proste oszacowanie wpływu funkcji BACS i TBM przy wykorzystaniu współczynników efektywności BACS związanych z rocznym zapotrzebowaniem energii budynku, uwzględniając:

- energię cieplną oraz pomocniczą energię elektryczną dla instalacji grzewczych,
- energię cieplną oraz pomocniczą energię elektryczną dla instalacji chłodniczych,
- energię cieplną oraz pomocniczą energię elektryczną dla instalacji ciepłej wody użytkowej,
- energię elektryczną dla oświetlenia,
- energię elektryczną dla instalacji wentylacji.

Przykładowe wartości współczynników efektywności BACS dla energii elektrycznej dla oświetlenia i urządzeń pomocniczych, dla różnych typów budynków oraz różnych klas, przedstawia tabela nr 2.

Wnioski

Klasyfikacja sprawności energetycznej (klasy A, B, C i D) odnosi się do systemów automatyzacji i sterowania budynków i nie jest

Tabela 2. Szczegółowe współczynniki efektywności BACS dla oświetlenia $f_{BACS,e-l}$ i dla pomocniczej energii elektrycznej $f_{BACS,e-a}$ – budynki niemieszkalne

Typy budynków niemieszkalnych	Szczegółowe współczynniki efektywności BACS $f_{BACS,e-l}$ i $f_{BACS,e-a}$							
	D		C (referencyjna)		B		A	
	Energetycznie nieskuteczne		Standard		Systemy zaawansowane		Wysoka efektywność energetyczna	
	$f_{BACS,e-l}$	$f_{BACS,e-a}$	$f_{BACS,e-l}$	$f_{BACS,e-a}$	$f_{BACS,e-l}$	$f_{BACS,e-a}$	$f_{BACS,e-l}$	$f_{BACS,e-a}$
Biura	1,10	1,15	1	1	0,85	0,86	0,72	0,72
Salę wykładowe	1,10	1,11	1	1	0,88	0,88	0,76	0,78
Budynki edukacyjne	1,10	1,12	1	1	0,88	0,87	0,76	0,74
Szpital	1,20	1,10	1	1	1	0,98	1	0,96
Hotele	1,10	1,12	1	1	0,88	0,89	0,76	0,78
Restauracje	1,10	1,09	1	1	1	0,96	1	0,92
Budynki usług handlu hurtowego i detalicznego	1,10	1,13	1	1	1	0,95	1	0,91

tożsama z klasyfikacją energetyczną budynków (przykładowo znaną z audytów energetycznych), jednak możliwe jest określenie zależności pomiędzy tymi klasyfikacjami. Klasyfikacja energetyczna budynków, kojarzona ze świadectwami energetycznymi, jest wynikiem wprowadzenia przez Dyrektywę EPBD obowiązku opracowania i przyjęcia rozwiązań prawnych, pozwalających na ustalenie instrumentów oceny energetycznej budynków oraz lokali mieszkalnych. Mimo wdrożenia w Polsce zapisów Dyrektyw EPBD, nie powstał obowiązujący akt prawny definiujący wspomnianą klasyfikację. Dodatkowo w różnych krajach obowiązują różne definicje w zależności od punktu odniesienia. Jednak pojęcie klasyfikacji energetycznej budynków jest używane w branży budowlanej a jej interpretację wprowadza m.in. Stowarzyszenie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju – tabela nr 3. Zaproponowana klasyfikacja wprowadza 8 klas energetycznych budynków (od A++ do F). Przynależność do danej klasy jest określana za pomocą wskaźnika energii użytkowej - EU (energia użytkowa – jednostka kWh/m²•rok). Kryterium to odnosi się do zapotrzebowania na energię użytkową EU dla budynku, bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego.

Tabela 3. Klasyfikacja energetyczna budynków wg Stowarzyszenia na rzecz Zrównoważonego Rozwoju

Klasyfikacja energetyczna budynków wg Stowarzyszenia na rzecz Zrównoważonego Rozwoju		
Klasa	Budynek mieszkalny	Wskaźnik EU [kWh/m ² rok]
A++	zeroenergetyczny	≤ 10
A+	pasywny	do 15
A	niskoenergetyczny	15 do 45
B	energooszczędny	45 do 80
C	średnioenergooszczędny	80 do 100
D	średnioenergochłonny	100 do 150
E	energochłonny	150 do 250
F	bardzo energochłonny	ponad 250

Dodatkowo należy podkreślić, że norma PN-EN 15232 nie odnosi klas sprawności BACS do nominalnych wartości zużycia energii, a jedynie wprowadza współczynniki, zależności pomiędzy budynkiem referencyjnym, posiadającym system automatyzacji i sterowania budynkiem w klasie sprawności C a pozostałymi klasami sprawności.

Z uwagi na opisane różnice w tych klasyfikacjach, nie jest możliwe ich bezpośrednie porównanie. Jednak możliwe jest określenie zależności pomiędzy budynkami w danej klasie energetycznej, przy zastosowaniu systemu automatyzacji i sterowania budynkiem w różnych klasach sprawności. Jeżeli zostanie przyjęte założenie, że dostępne są budynki mieszkalne

odpowiadające różnym klasom energetycznym (przykładowe wartości wskaźnika EU przedstawiono w tabeli nr 4), to możliwe jest określenie wpływu zmiany klasy systemu automatyzacji, na właściwości energetyczne budynku.

Tabela 4. Wartości wskaźnika EU wybranych budynków

Klasa	Wskaźnik EU [kWh/m ² rok]
Klasa A	30 kWh/m ² rok
Klasa B	60 kWh/m ² rok
Klasa C	90 kWh/m ² rok
Klasa D	125 kWh/m ² rok
Klasa E	175 kWh/m ² rok

W tabeli nr 5 przedstawiono wyniki obliczeń wskaźnika EU dla danego budynku przy zastosowaniu systemu automatyzacji i sterowania budynkiem w różnych klasach sprawności.

Tabela 5. Wpływ klas sprawności BACS na budynki o różnej klasyfikacji energetycznej

Klasa BACS: C		Klasa BACS: B		Klasa BACS: A	
EU [kWh/m ² rok]	Klasa energetyczna	EU [kWh/m ² rok]	Klasa energetyczna	EU [kWh/m ² rok]	Klasa energetyczna
30	A	25	A	21	A
60	B	49	B	43	A
90	C	73	B	65	B
125	D	100	C	89	C
175	E	143	D	127	D

Przedstawione w niniejszym artykule informacje wskazują jak oraz w jakim stopniu systemy automatyzacji i sterowania BACS wpływają na zużycie różnych form energii w obiektach budowlanych oraz, że mogą być stosowane jako narzędzie do poprawy efektywności energetycznej budynków. Dodatkowo analiza zapisów normy PN-EN 15232 dostarcza informacji, że wraz z zastosowaniem bardziej zaawansowanego i zintegrowanego wariantu sterowania w systemie automatyzacji budynku, wzrasta jego wpływ na zmniejszenie zużycia energii i poprawę efektywności energetycznej.

dr inż. Jakub Grela