Wprowadzenie do automatyki budynków w kontekście efektywności energetycznej

W świetle obowiązujących dyrektyw UE dotyczących efektywności energetycznej wszelkich obszarów działalności człowieka (EED – Energy Efficiency Directive), a także w szczególności dyrektyw dotyczących charakterystyki energetycznej budynków (EPBD – Energy Efficiency Building Directive), w ciągu ostatnich 20 lat nastąpiła ewolucja w przepisach krajowych dotyczących budownictwa. Zmiany te są szczególnie widoczne w najnowszej wersji kluczowego załącznika do Ustawy Prawo budowlane – Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r., poz. 1422), wraz z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2020 r., poz. 1608).

Obok szczegółowo definiowanych warunków konstrukcyjnych i właściwości izolacyjnych poszczególnych składników budynku, które z oczywistych względów mają decydujący wpływ na zużycie energii w budynku na cele związane z zapewnieniem komfortu użytkowania, w ostatniej nowelizacji WT znalazły się po raz pierwszy zapisy o wymogu indywidualnego sterowania odbiornikami różnych form energii (ciepło, klimatyzacja, wentylacja, oświetlenie) w każdym pomieszczeniu oddzielnie. Zapisy te wynikają wprost z najnowszej wersji dyrektywy EPBD:2018/844, w której również po raz pierwszy uwzględniono wyniki prac Komitetu Technicznego nr 247 (CEN/TC 247 Building Automation, Controls and Building Management) Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego na temat wpływu systemów automatyki, sterowania i zarządzania technicznego budynkami na ich efektywność energetyczną. Kluczową normą w tym zakresie jest norma EN 15232-1:2017 [N1] (wersja polska PN-EN 15232-1:2017), w której szczegółowo zidentyfikowano i zdefiniowano zależności pomiędzy sposobami sterowania instalacjami technicznymi budynków i wpływem tych instalacji oraz sposobów sterowania na efektywność energetyczną budynków. W normie określono także sposoby jakościowej i ilościowej oceny rzeczywistego wpływu instalacji technicznych i sposobów ich sterowania na możliwości ograniczenia zużycia energii przez budynki. Zainteresowanych szczegółami zawartymi w normie odsyłam do pozycji literatury [N1, N2, 1 i 2].

W niniejszym artykule skupimy się natomiast na konkluzjach wynikających z normy oraz ich wpływie na proces budowlany, w szczególności na przygotowanie tego procesu i na projektowanie instalacji technicznych oraz instalacji niskoprądowych.

Generalną konkluzją z normy jest stwierdzenie, że systemy automatyki, sterowania i technicznego zarządzania budynkami mogą bardzo znacznie ograniczyć zużycie energii podczas eksploatacji budynku (od 5% do nawet 55% w zależności od instalacji technicznej) pod następującymi warunkami:
W1. instalacje techniczne muszą umożliwiać indywidualne sterowanie zużyciem każdej formy energii w każdym pomieszczeniu
W2. indywidualne, pomieszczeniowe układy sterowania muszą identyfikować zapotrzebowanie na każdą formę energii w pomieszczeniu i dostosowywać dostarczanie energii w zależności od zapotrzebowania i narzuconych ograniczeń (o ile ograniczenia mają zastosowanie); układy te muszą także zapobiegać stratom energii w przypadku, gdy użytkownik przez tak prozaiczne działanie, jak otwarcie okna, rezygnuje z komfortu zapewnianego przez system sterowania
W3. źródła różnych form energii oraz systemy dystrybucji tych form energii w budynku muszą dostosowywać na bieżąco lub z odpowiednią predykcją swoje wydajności do zidentyfikowanego na bieżąco (ale również przewidywanego) sumarycznego zapotrzebowania na daną formę energii
W4. wszystkie instalacje techniczne oraz ich systemy sterowania muszą współdziałać ze sobą w celu optymalnego wykorzystania najbardziej w danej chwili wydajnych źródeł energii, w tym oczywiście źródeł odnawialnych.

Spełnienie wszystkich czterech warunków w odniesieniu do wszystkich instalacji technicznych budynku zapewnia maksymalny wpływ systemów automatyki i sterowania na efektywność energetyczną tego

obiektu.

Instalacje techniczne w budynkach i ich wpływ na zużycie energii
Instalacje techniczne, które służą do zaopatrzenia pomieszczeń budynku w różne formy energii, a przez to bezpośrednio wpływają na całkowite zużycie energii przez budynek, to:
1. instalacje grzewcze centralnego ogrzewania
2. instalacje ciepłej wody użytkowej
3. instalacje chłodnicze
4. instalacje wentylacji i klimatyzacji
5. oświetlenie
6. osłony przeciwsłoneczne
7. instalacje wodne i sanitarne
oraz
8. system zarządzania instalacjami technicznymi budynku BMS.

W ramach każdej z pierwszych z siedmiu instalacji technicznych można wyróżnić trzy składniki funkcjonalne:
■ źródła określonego typu energii (konwencjonalne oraz odnawialne źródła energii)
■ systemy dystrybucji każdego typu energii
■ odbiorniki energii w poszczególnych pomieszczeniach.

Ponadto, każda z instalacji technicznych zaopatrzenia budynku w energię wymaga układów automatyki i sterowania, które są odpowiedzialne za funkcjonalności realizowane przez układy techniczne. Z natury instalacji technicznych w budynku, układy automatyki i sterowania tych instalacji muszą być systemami rozproszonymi.

Układy oraz systemy automatyki i sterowania instalacjami technicznymi budynku należą do grupy instalacji niskoprądowych (słaboprądowych). Inne instalacje niskoprądowe w obiektach to instalacje i systemy bezpieczeństwa ludzi (systemy sygnalizacji pożaru wraz z systemami oddymiania, gaszenia, ewakuacji, oświetlenia awaryjnego, nagłośnienia awaryjnego) oraz systemy zabezpieczenia mienia (systemy sygnalizacji włamania i napadu, kontroli dostępu i nadzoru wizyjnego).
Każda z instalacji technicznych zaopatrzenia budynku w energię w każdym składniku (źródła, dystrybucja, odbiorniki) wymaga elementów nastawczych, które są elementami instalacji technicznej (zawory, przepustnice, klapy, układy CAV) oraz elementów wykonawczych, które są elementami układów sterowania (siłowniki, napędy, serwomechanizmy, układy VAV), za pomocą których układy sterowania mogą oddziaływać na wydajność wytwarzania energii przez źródła, sposób dystrybucji energii przez system dystrybucji oraz sposób wydawania energii przez odbiorniki.

Analizując wynikające z normy EN 15232 warunki wpływu systemów automatyki na efektywność energetyczną budynku (punkty W1 do W4), można zauważyć, co następuje:
Ad. W1. – W celu spełnienia warunku dostarczania energii do pomieszczenia w zależności od zapotrzebowania, instalacje techniczne muszą zostać rozbudowane o elementy nastawcze do sterowania przepływami energii w każdym pomieszczeniu. Oznacza to z pewnością wzrost kosztów realizacji instalacji technicznych rozbudowanych o dodatkowe elementy nastawcze oraz wzrost kosztów systemów sterowania wyposażonych dodatkowo w elementy wykonawcze do sterowania elementami nastawczymi instalacji technicznych. W normie EN 15232 przedstawione są metody, które pozwalają jednoznacznie oszacować długoterminowe korzyści (oszczędność energii i obniżenie kosztów eksploatacji budynku) wynikające z rozbudowy instalacji technicznych i układów sterowania o możliwość indywidualnego sterowania dostawami energii do poszczególnych pomieszczeń.
Na tej podstawie można łatwo obliczyć czas zwrotu inwestycji w dodatkowe wyposażenie instalacji i systemów sterowania. Zwykle czasy zwrotu (ROI) przy takich rozbudowach wynoszą od 1 do 3 lat, co przy wieloletniej eksploatacji budynku i perspektywach wzrostu kosztów energii wydaje się być interesującą alternatywą, zwłaszcza, jeżeli inwestor jest przyszłym użytkownikiem budynku.
Ad. W2. – Pomieszczeniowe układy sterowania muszą posiadać funkcjonalność wykrywania zapotrzebowania na każdą formę energii w danym pomieszczeniu. Jedną z prostszych form wykrywania

zapotrzebowania nominalnego, de facto, na wszystkie formy energii jest wykrywanie obecności użytkownika w pomieszczeniu. Drugim niezwykle ważnym czujnikiem pomieszczeniowym jest czujnik otwarcia okna, chociaż w dzisiejszych czasach jest on często zastępowany algorytmem wykrycia otwarcia okna dzięki odpowiednio umieszczonemu czujnikowi temperatury w pomieszczeniu (co nie gwarantuje jednak takiej skuteczności, jak czujnik otwarcia okna).

Ad. W3. – Pomieszczeniowe układy sterowania oraz układy sterowania systemami wytwarzania i dystrybucji wszystkich form energii wykorzystywanych w budynku muszą komunikować się dwukierunkowo w celu sterowania wydajnością źródeł energii wg aktualnego, sumarycznego zapotrzebowania na energię oraz sterowania dystrybucją energii do określonych obszarów i pomieszczeń budynku wg zapotrzebowania. Dwukierunkowa komunikacja pomiędzy wszystkimi lokalnymi sterownikami pomieszczeniowymi, sterownikami strefowymi, sterownikami poszczególnych agregatów technologicznych i urządzeń oraz systemem zarządzania budynkiem jest kluczem do skutecznej realizacji wszystkich funkcjonalności oraz uzależnień. Dobór jednolitego standardu transmisji danych dla wszystkich instalacji w tym również innych instalacji niskoprądowych oraz prawidłowo zaprojektowana infrastruktura sieci sterowania i staranna integracja urządzeń pracujących w sieci sterowania jest ważnym zadaniem projektowym i rozruchowym.

Ad. W4. – Obok konieczności zapewnienia współdziałania sterowania instalacjami technicznymi (zaopatrzenia w energię) należy rozważyć wykorzystanie innych instalacji niskoprądowych występujących w budynkach do identyfikacji zapotrzebowania na energię w poszczególnych pomieszczeniach na podstawie obecności użytkowników. Systemy, które z natury swojego działania mogą dostarczać takie informacje, to wszelkie instalacje niskoprądowe zabezpieczenia mienia, takie jak: systemy sygnalizacji włamania i napadu, systemy kontroli dostępu i systemy monitoringu wizyjnego.

Projektowanie układów i systemów automatyki budynku

Projektowanie układów i systemów automatyki budynku wpisuje się w cały proces projektowania budynku, w którym można wyróżnić następujące fazy:

- koncepcja zamierzenia inwestycyjnego (inwestor i sposób finansowania)
- opracowanie programu funkcjonalno-użytkowego (architekt przy współudziale inwestora)
- architektura i konstrukcja budynku (spełnienie wymagań inwestora, spełnienie wymagań urbanistycznych, estetycznych i norm konstrukcyjnych)
- projekty branżowe, w tym:

1. branża elektryczna:
a) zasilanie energetyczne (elektryczne) budynku (źródła, w tym OZE, opomiarowanie, monitoring)
b) dystrybucja energii elektrycznej w budynku (oświetlenie, zasilanie urządzeń)
2. branża sanitarna (woda i kanalizacja):
a) ciepła woda użytkowa (źródła, dystrybucja, odbiorniki)
b) źródła ciepła, w tym OZE (opomiarowanie, dystrybucja, odbiorniki)
c) źródła chłodu, w tym OZE (opomiarowanie, dystrybucja, odbiorniki)
d) wentylacja i klimatyzacja, w tym centrale nawiewno-wywiewne, dystrybucja
e) żaluzje i inne osłony przeciwsłoneczne
3. branża zabezpieczeń:
a) system sygnalizacji pożaru wraz z otoczeniem (bezpieczeństwo ludzi)
b) system sygnalizacji włamania i napadu (zabezpieczenie mienia)
c) system kontroli dostępu
d) system monitoringu wizyjnego
4. infrastruktura telekomunikacyjna i informatyczna:
a) przyłącza, centrale telekomunikacyjne, sieć telefoniczna, o ile nie jest oparta na telefonii IP
b) przyłącza światłowodowe, infrastruktura informatyczna
5. systemy automatyki, sterowania (BACS – Building Automation and Control Systems – System sterowania i automatyki budynku) i technicznego zarządzania budynkiem (BMS – Building Management Systems – System zarządzania budynkiem).

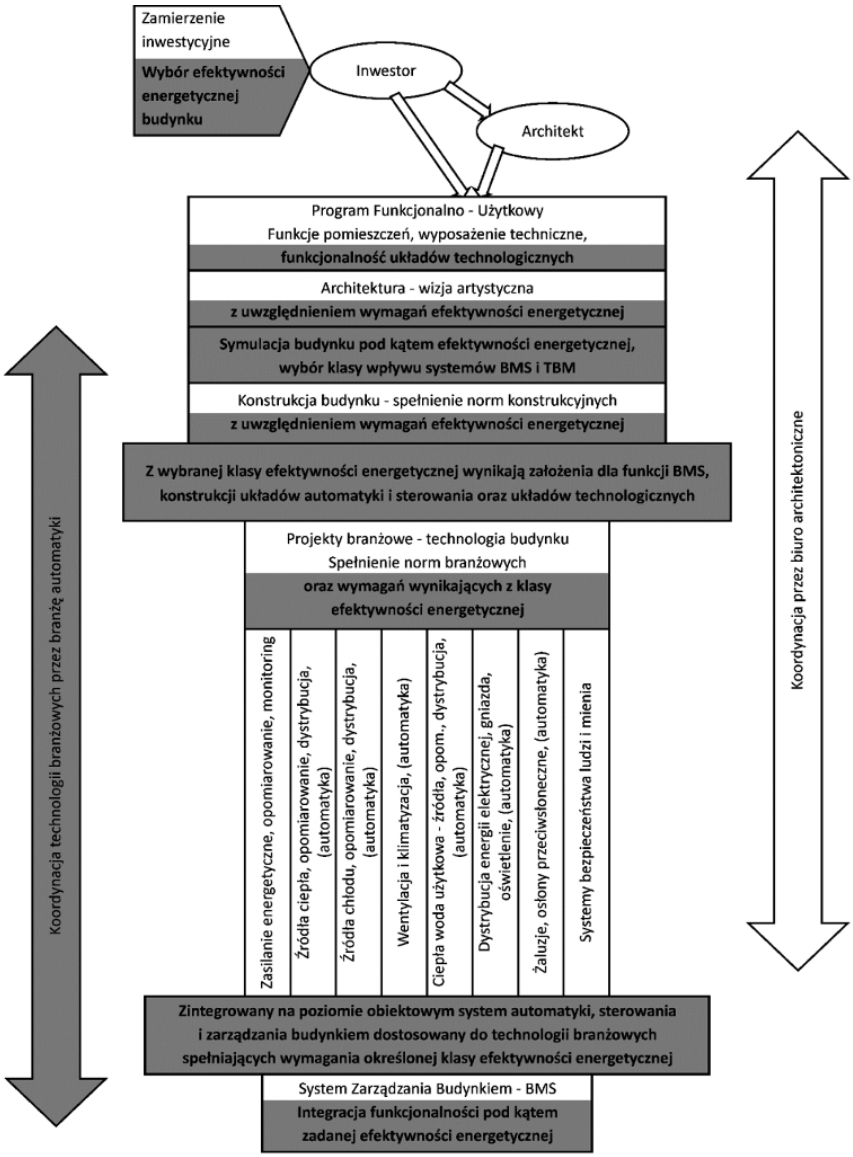
W zależności od stopnia skomplikowania instalacji technicznych budynku można spotkać się z dwoma podejściami do projektowania i realizacji układów i systemów automatyki i sterowania. W przypadku

prostych projektów z nieskomplikowanymi układami technologicznymi urządzenia (agregaty) technologiczne, np. centrale wentylacji i klimatyzacji są wyposażane w układy automatyki i sterowania przez ich producentów. Projektanci instalacji sanitarnych dobierają urządzenia technologiczne wraz z ich funkcjonalnością. W takim przypadku projekt systemów automatyki i sterowania obejmuje wyłącznie integrację układów automatyki różnych urządzeń technologicznych w ramach systemu BMS. W przypadku złożonych układów technologicznych, np. laboratoria i inne budynki niestandardowe, dobrą praktyką jest, że producenci dostarczają agregaty technologiczne zgodnie z projektem, a układy lub systemy automatyki i sterowania są objęte oddzielnym projektem automatyki i sterowania.

Powyższa lista projektów nie wyczerpuje pełnej listy instalacji, ale przedstawiamy ją w celu ilustracji zakresu prac projektowych w ramach branż, a także problemu koordynacji międzybranżowych, zwłaszcza w świetle konieczności zapewnienia współdziałania wszystkich instalacji jako jednego z warunków zapewnienia wysokiej efektywności energetycznej budynku.

Zmiany w metodyce projektowania budynków ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej efektywności energetycznej

W nieodległej przeszłości częstą praktyką projektowania instalacji technicznych budynku było zapraszanie do współpracy projektanta automatyki po wykonaniu projektów branżowych.

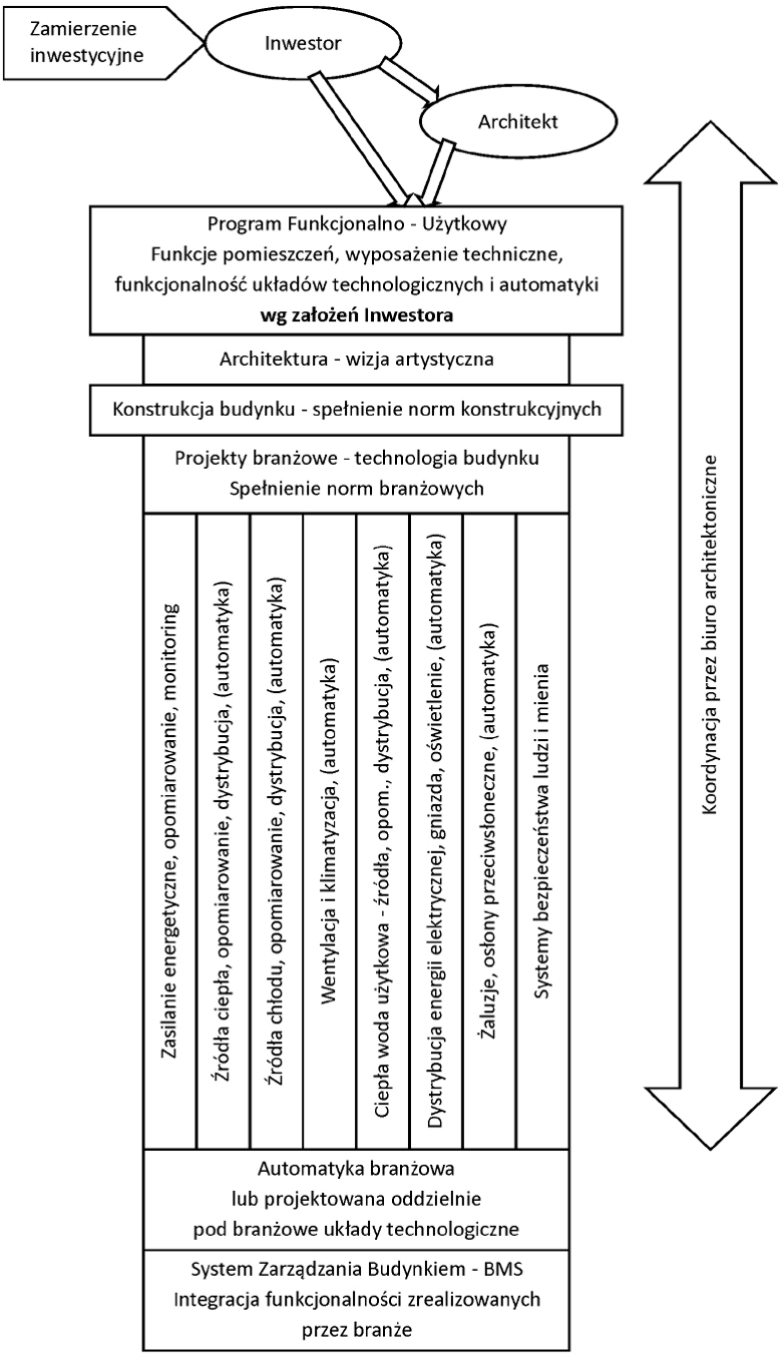


Rys. 1. Schemat klasycznego procesu projektowania budynku

Klasyczna metodyka projektowania

Schemat klasycznego procesu projektowania budynku z uwzględnieniem wymagań inwestora przedstawiono na rys. 1. W procesie tym często nie uwzględnia się szczególnych wymagań dotyczących efektywności energetycznej, za wyjątkiem wymagań określonych w aktualnych warunkach technicznych określonych przez obowiązujące prawo budowlane. W trakcie definiowania programu funkcjonalno-użytkowego oraz funkcji pomieszczeń, wyposażenia technicznego oraz funkcjonalności układów technologicznych bierze się pod uwagę wymagania i założenia inwestora oraz obowiązujące przepisy budowlane i sanitarne.

Po ustaleniu programu funkcjonalno-użytkowego i wizji architektonicznej następuje proces projektowania wielobranżowego, który powinien być koordynowany przez prowadzące projekt biuro architektoniczne. Wszystkie instalacje branżowe, szczegółowo wymienione na rys. 1 w prostokątach pionowych są projektowane przez projektantów branżowych, często przy minimalnej wymianie informacji pomiędzy nimi. Po zakończeniu projektów branżowych podstawowych instalacji sanitarnych, HVAC i innych, do projektowania przystępuje branża automatyki, która zwykle musi spełnić wymagania zdefiniowane przez poszczególne branże technologiczne. W efekcie tego procesu system zarządzania budynkiem (BMS) integruje funkcjonalności wynikające z projektów branżowych, ale same projekty branżowe nie uwzględniają konieczności współdziałania międzybranżowego. Przy takim klasycznym podejściu do projektowania trudno jest mówić o realizacji określonej efektywności energetycznej budynku, raczej można mówić o efektywności wynikowej, która jest de facto przypadkowa.



Rys. 2. Schemat zintegrowanego procesu projektowania budynku z uwzględnieniem docelowej efektywności energetycznej

Zintegrowany proces projektowania zorientowany na uzyskanie określonej efektywności energetycznej budynku

Schemat zintegrowanego procesu projektowania budynku z uwzględnieniem docelowej efektywności energetycznej przedstawiono na rys. 2. Cieniowaniem oznaczono na rysunku wszystkie różnice w stosunku do klasycznego procesu projektowania. Całość procesu projektowania jest ściśle podporządkowana uzyskaniu określonej, zadanej efektywności energetycznej obiektu. Na podstawie normy PN-EN 15232-1:2017 należy określić wymaganą klasę wpływu systemów BACS (Building Automation and Control System – System sterowania i automatyki budynku) i TBM (Technical Building Management – Techniczne zarządzanie budynkiem) na efektywność energetyczną. Wybór docelowej efektywności energetycznej budynku ma fundamentalne znaczenie dla całego dalszego procesu projektowania, zarówno konstrukcji budynku, jak i instalacji technologicznych oraz funkcjonalności systemów BACS i TBM. Decyzja ta wpływa na:

■ technologię wykonania budynku, która musi spełnić określone wymagania niezbędne do uzyskania wysokiej efektywności energetycznej
■ wybór funkcjonalności instalacji technicznych, które muszą umożliwiać realizację funkcji automatyki i sterowania określonych dla danej klasy wpływu systemów BACS i TBM
■ konieczność realizacji określonych funkcjonalności przez systemy automatyki i sterowania (BACS) oraz technicznego zarządzania budynkiem (TBM), co automatycznie oznacza określoną konstrukcję instalacji technicznych
■ projekty i konstrukcję wszystkich branżowych instalacji technicznych, które muszą umożliwiać realizację określonych funkcji automatyki, sterowania i zarządzania
■ konieczność integracji na poziomie obiektowym funkcji automatyki i sterowania wszystkich instalacji technologicznych mających wpływ na zużycie energii, w tym systemów bezpieczeństwa, w celu zapewnienia synergii wszystkich instalacji w zakresie minimalizacji zużycia energii.

Efektem zintegrowanego procesu projektowania jest osiągnięcie takich funkcjonalności instalacji technicznych oraz systemów automatyki i sterowania (BACS) oraz technicznego zarządzania budynkiem (TBM), które gwarantują zadaną i zaplanowaną klasę wpływu systemów BACS i TBM na efektywność energetyczną budynku.

Podstawowym warunkiem osiągnięcia takiego wyniku jest włączenie projektanta branży automatyki w bardzo wczesnej fazie projektowania, już na etapie definiowania funkcjonalności układów i instalacji technicznych, ponieważ to właśnie funkcjonalności tych instalacji decydują, czy możliwe będzie zastosowanie określonych funkcji systemów BACS i TBM, które z kolei determinują przynależność systemu automatyki do określonej klasy wpływu na efektywność energetyczną.

Wnioski

Z przedstawionych rozważań jasno wynika, że osiągnięcie określonego stopnia wpływu systemów automatyki i sterowania na efektywność energetyczną budynku zgodnie z normą PN-EN 15232-1:2017 nie zależy wyłącznie od funkcjonalności systemu automatyki, ale przede wszystkim zależy od sposobu konstrukcji instalacji technologicznych, które muszą być tak zaprojektowane, aby można było zaimplementować określone, wymagane funkcje systemów automatyki, sterowania i zarządzania dla określonej klasy wpływu systemów BACS i TBM na efektywność energetyczną. Oznacza to, że konieczna jest gruntowna zmiana podejścia do procesu projektowania budynków.

Po pierwsze, w początkowej fazie projektowania, po wybraniu zadanej efektywności energetycznej budynku należy przeprowadzić analizy, w celu określenia koniecznego stopnia wpływu systemów automatyki BACS oraz technicznego zarządzania budynkiem TBM na całkowitą efektywność energetyczną budynku. Na podstawie tych analiz powinna zostać wybrana określona, niezbędna do zastosowania klasa wpływu systemów BACS i TBM, a z tego wyboru wynika sposób koniecznej realizacji poszczególnych instalacji technologicznych, które muszą być podatne na określone, wymagane przez normę metody sterowania i zarządzania. Rola projektanta systemu automatyki nie może ograniczać się do opracowania automatyki dla już zaprojektowanych instalacji technicznych (co aktualnie jest standardową praktyką projektową), ale po zdefiniowaniu wymaganej dla budynku klasy wpływu systemów automatyki, sterowania i zarządzania na efektywność energetyczną, tej decyzji musi być podporządkowany cały proces projektowania instalacji technologicznych oraz ich systemów sterowania i zarządzania. Wynika z tego, że na podstawie decyzji inwestora o oczekiwanej efektywności energetycznej budynku i ustalonej na podstawie symulacji niezbędnej klasie wpływu systemów BACS i TBM na efektywność energetyczną, projektant automatyki musi od samego początku być włączony w proces projektowy, musi uczestniczyć w formułowaniu założeń dla projektantów instalacji technologicznych i koordynować projektowane rozwiązania pod kątem ich podatności na zintegrowane sterowanie, niezbędne do uzyskania właściwego wpływu systemów BACS i TBM na efektywność energetyczną, a nie, tak jak w dotychczasowej praktyce projektowej, podporządkować się wymaganiom projektantów branżowych.

mgr inż. Paweł Kwasnowski, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii

Normy

N1. EN 15232-1:2017 Energy Performance of Buildings – Energy performance of buildings – Part 1: Impact of Building Automation, Controls and Building Management, CEN 2017.
N2. CEN/TR 15232-2 TECHNICAL REPORT Energy performance of buildings – Part 2: Accompanying TR prEN 15232-1:2015 – Modules M10-4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Literatura

1. Kwasnowski P., Leksykon skuteczności automatyki budynkowej w świetle EPBD i norm (Lexicon of building automation efficiency in the light of EPBD and standards), WarunkiTechniczne.pl, ISSN 2544-8153, nr 5 (36), 2020, str. 24–47.
2. Kwasnowski P., Leksykon skuteczności automatyki budynkowej w świetle EPBD i norm, cz. 2, (Lexicon of building automation efficiency in the light of EPBD and standards), WarunkiTechniczne.pl, ISSN 2544-8153, nr 1 (37), 2021, str. 44–57.

Artykuł zamieszczony w „Przewodniku Projektanta” nr 3/2021

Członkowie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa mogą składać zamówienie na drukowane wydanie „Przewodnika Projektanta” nr 4/2021.

Zachęcamy członków PIIB do wypełnienia formularza zgłoszeniowego zamieszczonego na stronie **www.izbudujemy.pl/formularze/przewodnikprojektanta**

W kolejnym wydaniu „Przewodnika Projektanta” będziemy poruszać tematy związane z m.in. konstrukcjami murowymi, sufitami podwieszanymi, czy wentylacją pływalni. Kontynuujemy cykl artykułów dotyczących BIM, a także będą zamieszczone artykuły prawne, m.in. związane ze wstrzymaniem robót budowlanych.