

dr inż. Anna Romańska-Zapała<sup>1)</sup>

# Model badawczy zintegrowanego systemu sterowania procesami na przykładzie budynku Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego

## *Research model of integrated system of process control shown on example of the Malopolska Energy Efficiency Laboratory Building*

DOI: [dx.doi.org/10.15199/33.2014.12.10](https://dx.doi.org/10.15199/33.2014.12.10)

**Streszczenie.** Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego (MLBE) [4] Politechniki Krakowskiej zapewnia możliwość wykonywania szerokiego wachlarza badań naukowych dotyczących m.in. poprawy efektywności zużycia energii, przeprowadzanych przez interdyscyplinarny zespół pracowników naukowych. W artykule zaprezentowano podstawowe instalacje oraz urządzenia techniczne zapewniające odpowiednią funkcjonalność budynku MLBE, a także przykładowe propozycje badań „in situ”, możliwych do przeprowadzenia z zastosowaniem tych instalacji oraz zintegrowanego systemu sterowania procesami wyposażonego w BMS w kontekście poszukiwań energooszczędnych rozwiązań materiałowych.

**Słowa kluczowe:** budownictwo energooszczędne, zintegrowane systemy sterowania, BMS, izolacja cieplna, badania typu „in situ”.

**Abstract.** Malopolska Laboratory of Energy Efficiency Buildings (MLBE) [4] of Cracow University of Technology provides the ability to perform a wide range of research in the area i.a.: improving the efficiency of energy consumption, carried out by an interdisciplinary team of researchers. In this paper the basic installation and technical equipment to ensure proper functionality of the building MLBE will be presented. "In-situ" measurements that can be performed using building technical installation and the Integrated system of process control which is equipped with BMS in the context of the search for low-energy material solutions.

**Keywords:** low-energy building, integrated control systems, BMS, heat insulation, "in-situ" measurements.

Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego (MLBE) zostało utworzone na Wydziale Inżynierii Łądowej Politechniki Krakowskiej w ramach projektu MRPO w latach 2012 – 2014. Laboratorium umożliwia wykonywanie wielu badań naukowych w dziedzinie m.in. poprawy efektywności zużycia energii, prowadzonych przez interdyscyplinarny zespół pracowników naukowych. Do elementów składowych MLBE można zaliczyć zarówno urządzenia do badań i oceny technologii oraz rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, jak i samą bryłę budynku wraz z instalacjami stosowanymi w obiektach o obniżonym zapotrzebowaniu na energię.

Zgodnie z Rozporządzeniem [1] na budynek nałożone zostały wymagania mi-

nimalne ochrony cieplnej zarówno z uwagi na wartość wskaźnika EP [kWh/m<sup>2</sup>rok], jak również na parametry izolacyjności cieplnej przegród oraz wyposażenia technicznego. Istnieje zatem potrzeba przeprowadzenia badań na rzeczywistych obiektach budowlanych, mających na celu określenie relacji podstawowych elementów nowoczesnego budynku energooszczędnego: technologii materiałowej przegrody w budynku; instalacji technicznej będącej wyposażeniem budynku oraz systemu sterującego pracą instalacji.

### Zintegrowany system sterowania procesami w MLBE

Procesy zachodzące w MLBE są w pełni zautomatyzowane. Połączenie pracy wszystkich instalacji pozwala na zdalne monitorowanie oraz sterowanie zastosowanymi urządzeniami, m.in. grzewczymi i chłodzącymi. MLBE wyposażone zostało w zintegrowany system sterowania procesami, który

obejmuje zarówno systemy automatyki, sterowania i akwizycji danych (sterowanie oświetleniem, ogrzewaniem, klimatyzacją, wentylacją i monitorowanie pracy systemów pomiarowych), jak i systemy bezpieczeństwa (system sygnalizacji włamania i napadu oraz system kontroli dostępu). Integracja systemów automatyki z systemami bezpieczeństwa umożliwia zwiększenie efektywności energetycznej budynku przez realizację strategii sterowania procesami w poszczególnych pomieszczeniach w zależności od stopnia ich wykorzystania. Infrastruktura sieci systemu została zrealizowana na bazie kilku standardów transmisji danych, takich jak IP, BACnet, LON, Mbus, Modbus, DALI, OPC, łącząc ze sobą m.in. urządzenia systemów logicznych automatyki pomieszczeń, kontroli dostępu, sygnalizacji włamania. System obejmuje **trzy zasadnicze poziomy** [2]:

- **nadrzędny**, którego zadaniem jest obsługa operatorska, zbieranie, prze-

<sup>1)</sup> Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Łądowej, Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego, e-mail: a.romanska@pk.edu.pl

tworzenie i gromadzenie danych, wizualizacja stanu instalacji technologicznych budynku, definiowanie i rekonfiguracja zadań sterowania i zbierania danych oraz umożliwienie bezpiecznego dostępu do systemu z terminali zewnętrznych;

- **sterowników**, którego zadaniem jest realizacja algorytmów sterowania poszczególnych podsystemów, takich jak oświetlenie, ogrzewanie, klimatyzacja, wentylacja itp.;

- **objektowy**, obejmujący czujniki oraz elementy wykonawcze związane z technologią.

Urządzenia poziomu nadrzędnego i poziomu sterowników połączono wydzieloną siecią komputerową na bazie okablowania strukturalnego (Ethernet IP). Urządzenia obiektowe spięto ze sterownikami za pomocą bezpośrednich połączeń indywidualnych z wejściami i wyjściami sterowników lub lokalnymi magistralami transmisji danych, takimi jak np. ciepłomierze połączone magistralą M-Bus; centrale wentylacji/klimatyzacji magistralą BACnet MS/TP, elementy systemu oświetleniowego magistralą DALI, elementy automatyki pomieszczeń magistralą LON. Nadrzędny poziom zarządzania BMS realizuje stacja operatorska spełniająca rolę serwera systemu automatyki, sterowania i akwizycji danych (USAD).

System automatyki pomieszczeń i monitoringu zrealizowano z zastosowaniem serwerów automatyki, umożliwiających komunikację z urządzeniami poziomu obiektowego. Wykorzystane urządzenia należą do grupy swobodnie programowalnych zgodnie ze standardem IEC 61131-3. Zastosowane oprogramowanie L-WEB umożliwia bezpośredni dostęp do danych i funkcji serwerów automatyki z poziomu stacji operatorskiej oraz terminali zewnętrznych. Część systemu odpowiedzialna za realizację funkcji bezpieczeństwa (sygnalizacja włamania i system kontroli dostępu) komunikuje się bezpośrednio z serwerem poziomu nadrzędnego za pośrednictwem routera sieci sterowania.

W pomieszczeniach laboratoryjnych zastosowano sterowniki swobodnie programowalne, a w wybranych pomieszczeniach również panele dotykowe pozwalające na podgląd aktualnych parametrów pomieszczenia, lokalne sterowanie poszczególnymi systemami:

oświetlenie (wewnętrzne oraz zewnętrzne – uliczne), ogrzewanie/chłodzenie oraz zadawanie wymaganych parametrów.

Na dachu budynku zlokalizowano stację pogodową z modułem kontrolnym. W niektórych pomieszczeniach istnieje możliwość realizowania sterowania w odniesieniu do temperatury nawiewu, wywiewu bądź temperatury w pomieszczeniu. Wszystkie mierzone parametry są udostępniane i archiwizowane w systemie USAD. W wybranych miejscach instalacji grzewczo/chłodniczej zastosowano pomiar zużycia ciepła/chłodu za pomocą ciepłomierzy z interfejsem M-Bus. Zapewniają one odczyt parametrów (przepływu, temperatury zasilania i powrotu) z częstotliwością co najmniej 1 raz na 30 s.

Zastosowany w MLBE zintegrowany system sterowania umożliwia m.in. sterowanie:

- układami VAV w funkcji CO<sub>2</sub> – w wybranych pomieszczeniach sterowanie przepływem powietrza odbywa się na podstawie pomiaru stężenia CO<sub>2</sub> przez czujniki. Zwiększenie stężenia CO<sub>2</sub> w powietrzu powyżej 700 ppm powoduje wzrost przepływu powietrza w pomieszczeniu przez wysterowanie regulatorów VAV nawiewu i wywiewu;

- oświetleniem administracyjnym oraz systemem DALI – oświetlenie komunikacyjne sterowane jest z przycisków lub uzależnione od obecności czujek ruchu. Użytkownik ma możliwość wyboru jednego z kilku dostępnych trybów pracy oświetlenia: „załączone”, „wyłączone”, „od czujki ruchu”. W przypadku pomieszczeń laboratoryjnych, dydaktycznych i biurowych zastosowano oprawy oświetleniowe z możliwością regulacji poziomu natężenia oświetlenia, a pomieszczeń konferencyjnych oprawy oświetleniowe z systemem DALI umożliwiające zmianę natężenia prądu. Sterowanie natężeniem odbywa się w tych pomieszczeniach z panelu dotykowego. Wybór trybu sterowania możliwy jest także z poziomu stacji operatorskiej systemu BMS;

- żaluzjami – budynek od 2 do 4 piętra wyposażono w żaluzje zewnętrzne sterowane przez lokalne przełączniki w pomieszczeniach, panel dotykowy lub stację BMS.

Do celów badawczych w MLBE zastosowano kilka źródeł ciepła i chłodu:

- węzeł cieplny MPEC o mocy 32 kW (kotłownia);

- kocioł gazowy o znamionowej mocy grzewczej 53,5 kW (kotłownia);

- gazową powietrzną pompę ciepła PC2 o mocy grzewczej 63 kW i chłodniczej 53 kW wraz z wymiennikiem (dach);

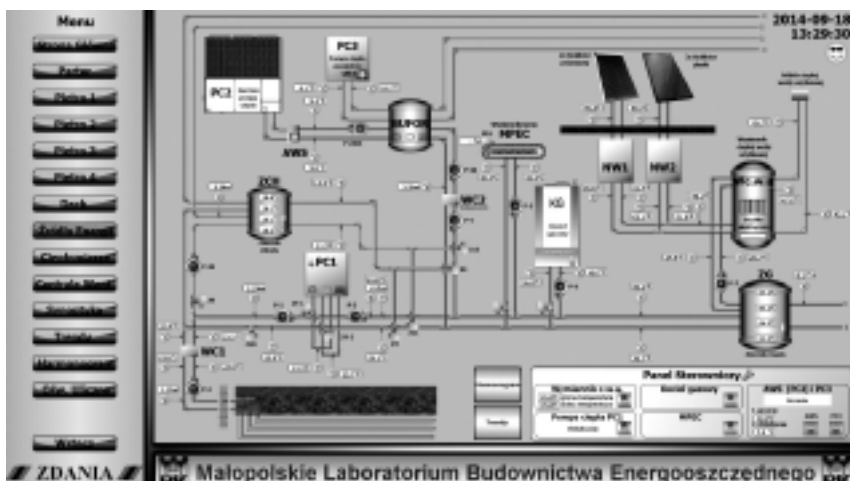
- pompę ciepła solanka/woda PC1 współpracującą z dolnym źródłem, w postaci trzech pionowych sond gruntowych, o mocy grzewczej 16,9 kW (maszynownia);

- pompę ciepła powietrze/woda PC3 o mocy grzewczej 51,21 kW i mocy chłodniczej 60,68 kW (dach).

W budynku zainstalowano klimakonwektory czterorurowe z płynną regulacją prędkości obrotowej wentylatora, sterowaną sygnałem 0 – 10 V oraz siłowniki termiczne zaworów sterujących dopływem wody grzewczej i wody lodowej, sterowane sygnałem 0/24 V. Regulacja temperatury w pomieszczeniu odbywa się przez sterowanie siłownikiem zaworu grzania lub chłodzenia (w zależności od wybranego źródła medium).

Sterowanie funkcjonowaniem ogrzewania/chłodzenia sufitowego, ściennego i podłogowego regulowane jest na podstawie pomiaru temperatury zasilania medium. Lokalny układ steruje zaworem dwudrogowym i pompą obiegową. Zapewnia stabilizację temperatury zasilania medium w odniesieniu do zadanej temperatury pomieszczenia.

Budynek MLBE wyposażono w trzy centrale wentylacyjne: CW1 – nawiewno-wywiewna z rekuperatorem obrotowym (maszynownia); CW2 – nawiewno-wywiewna z rekuperatorem krzyżowym (dach) oraz CW3 – klimatyzacyjna nawiewno-wywiewna z rekuperatorem obrotowym (dach). Do celów badawczych zamontowano: czujniki temperatury w konstrukcji budynku (ściany oraz stropy); system gruntowych czujników temperatury; system czujników w poziomym wymienniku ciepła; system czujników w pionowym wymienniku ciepła oraz system czujników ściany akumulacyjnej [3]. Takie oprogramowanie pozwoli dokładnie poznać procesy zachodzące w strukturze budynku i dobrać w sposób optymalny źródło chłodu i ciepła, które powinno pracować w danym momencie (rysunek).



Połączenia źródeł ciepła (opcjonalnie chłodu) w budynku MLBE

### Podsumowanie

Jednym z podstawowych aspektów projektowania obiektów budowlanych jest spełnienie warunków normowych, w tym m.in. dotyczących izolacyjności cieplnej. Budynek MLBE umożliwia wykonywanie różnego typu badań, mają-

cych na celu dokonanie obiektywnej oceny wpływu technologii materiałowej, w jakiej wykonano poszczególne przegrody (ściany i stropy), na efektywność energetyczną obiektu. Zintegrowany system sterowania, w jaki wyposażono budynek-laboratorium,

umożliwia również realizację przemysłowej strategii sterowania źródłami ciepła i chłodu. W efekcie możliwe będzie optymalne sterowanie pracą instalacji technicznych w celu zapewnienia odpowiedniego zużycia energii i komfortu użytkownika.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [2] Romańska-Zapała A.: Zintegrowane systemy sterowania procesami w obiektach budowlanych. Miesięcznik „Materiały Budowlane” nr 5, 2014, s. 115 – 116.
- [3] Fedorczak-Cisak M., Furtak M., Kwasnowski P.: Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego Politechniki Krakowskiej – przykład możliwości badań „in situ”. VII Congress on Intelligent Building Systems, 2013.
- [4] [www.mlbe.pk.edu.pl](http://www.mlbe.pk.edu.pl).

Otrzymano 02.12.2014

Spokojnych, radosnych i ciepłych  
Świąt Bożego Narodzenia,  
wszelkiej pomyślności  
w życiu osobistym i zawodowym  
oraz wielu sukcesów w 2015 roku  
Wszystkim Naszym  
Przyjaciołom, Klientom i Współpracownikom

życzy zespół  
Małopolskiego Centrum Budownictwa Energooszczędnego  
Politechniki Krakowskiej



Małopolskie Centrum Budownictwa Energooszczędnego  
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków  
tel. 12 628 31 23, 797 401 110  
[biuro@mcbe.pl](mailto:biuro@mcbe.pl) [www.mcbe.pl](http://www.mcbe.pl)





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA AGENCJA SPÓJNOŚCI



spin



Politechnika Krakowska  
im. Tadeusza Kościuszki



Małopolska



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

Człowiek - najlepsza inwestycja

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego