

Zdecentralizowane systemy automatyzacji w energooszczędnym „budynku inteligentnym”

Tomasz Jarmuda

1. Wstęp

Inteligentny budynek to budynek, który integruje różne systemy, aby skutecznie, w sposób skoordynowany zarządzać zasobami w celu zapewnienia jak najlepszego funkcjonowania jego użytkowników, maksymalizować oszczędności w zakresie inwestycji i kosztów operacyjnych oraz umożliwiać maksymalną elastyczność [1].

Współczesne systemy automatyzacji budynków powinny charakteryzować się: interoperacyjnością urządzeń, standardowymi rozwiązaniami komunikacyjnymi, wysokim poziomem integracji, rozbudowanymi funkcjami użytkowymi.

Nowe sposoby komunikacji, dalszy rozwój technologii elektronicznych, badania naukowe nad sztuczną inteligencją stawiają nowe zadania i wyzwania przed projektantami systemów automatyzacji budynków. Rozwiązania przyszłości będą z pewnością wykorzystywały interfejsy, czyli multimedialne urządzenia komunikacji z użytkownikiem. W zakresie metod sztucznej inteligencji będzie stosowana logika rozmyta i sieci neuronowe. Poza tymi rozwiązaniami zastosowanie znajdują także: komputerowe systemy wizyjne, modelowanie komputerowe, systemy ekspertowe, centra zarządzania informacją, a także zdalny nadzór systemów automatyzacji [1].

Nowoczesne inteligentne systemy automatyzacji budynków budowane są na bazie techniki mikroprocesorowej, co pozwala wykorzystywać złożone algorytmy obliczeniowe. Coraz częściej są to algorytmy wykorzystujące metody tzw. sztucznej inteligencji, do których należą metody logiki rozmytej, sieci neuronowe, algebra komputerowa i algorytmy genetyczne. Na bazie tych metod budowane są systemy ekspertowe oraz komputerowe systemy wizyjne [1].

System monitorowania energii składa się z sensorów poboru energii, z możliwością zdalnego odczytu. Istotnym podsystemem jest moduł wizualizacji, zbudowany z odpowiedniego interfejsu, umożliwiającego obserwację dowolnego czasu poboru energii lub miejsca oraz oprogramowania [2].

Zarządzanie energią w „budynku inteligentnym” wymaga przewidywania w zakresie zużycia energii. Najlepsze mogą okazać się w tym przypadku modele predykcyjne oraz sieci neuronowe. W przyszłości powstaną centra zarządzania z interfejsami do superszybkich magistral komunikacyjnych zintegrowanych z siecią Internet. W związku z tym możliwe będzie zdalne nadzorowanie systemów automatyzacji budynków. Oznacza to, że przy minimalnych kosztach eksploatacji budynków i ograniczonym zużyciu energii powstaną obszary komfortowego środowiska życia mieszkańców [1].

Streszczenie: W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące zdecentralizowanych systemów automatyzacji „budynków inteligentnych”. Omówiono także wybrane aspekty energooszczędności „budynku inteligentnego” na podstawie analizy procentowego udziału ogrzewania, wentylacji, przygotowania CWU, gotowania oraz oświetlenia i urządzeń elektrycznych, w całkowitym zużyciu energii w budynkach mieszkalnych. Zaprezentowano także symulację komputerową rozkładu temperatury [°C] na parterze domku jednorodzinnyego typu „eko-building”.

DECENTRALISED AUTOMATION SYSTEMS IN ENERGY-EFFICIENT „INTELLIGENT BUILDING”

Abstract: This paper presents the issues concerning decentralized automation systems in „intelligent buildings”. Also some aspects of energy efficiency in „intelligent building” on the basis of the percentage of heating, ventilation, hot water preparation, cooking and lighting and electrical appliances, the total energy consumption in residential buildings have been discussed. Besides the computer simulation of temperature distribution [°C] on the ground floor of family house of „eco-building” has been presented.



Rys. 1. Bezprzewodowe sterowanie „budynkiem inteligentnym” [4]:
1 – sterowanie oświetleniem ogrodowym; 2 – otwieranie bramy garażowej;
3 – sterowanie markizą; 4 – sterowanie oświetleniem basenowym;
5 – sterowanie roletami

2. Zdecentralizowane systemy automatyzacji budynków inteligentnych

Wytwarzanie ciepła odbywa się w domu na dwa sposoby:

- scentralizowany (centralny), z użyciem kotła i sieci połączeń rozprowadzających ciepło, pozwalający na punktową konsumpcję energii i regulację tego procesu;
- zdecentralizowany (rozproszony), dający możliwość dystrybucji energii tylko w miejscach, które tego wymagają, redukując sieć połączeń i strat ciepłych [2].

Komfortowe sterowanie „budynkiem inteligentnym” w trybie bezprzewodowym przedstawiono na rys. 1.

W przyszłości duże znaczenie będą miały rozwiązania takie, jak zdecentralizowane inteligentne systemy ciepłownicze, ekologiczne instalacje techniczne, okablowanie strukturalne budynków [1].

Zdecentralizowane systemy automatyzacji „budynków inteligentnych” spełniają wiele funkcji, które można połączyć w trzy główne grupy:

- zapewnienie bezpieczeństwa;
- zapewnienie komfortu klimatycznego (środowiskowego);
- zarządzanie zużyciem mediów energetycznych.

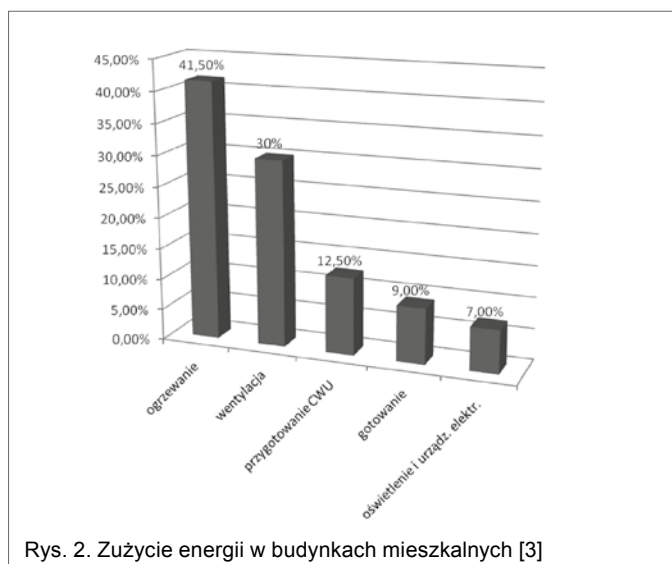
W zakresie zarządzania energią w budynku system automatyzacji powinien realizować nadzór i sterowanie: ogrzewaniem, gorącą wodą użytkową, poborem energii elektrycznej, wentylacją, klimatyzacją, oświetleniem, żaluzjami.

Efektywność energetyczna stanowi najwyższy priorytet w projektowaniu inteligentnych systemów automatyzacji budynków. Celem jest maksymalna redukcja zużywanej energii bez utraty komfortu użytkowników. Inteligentny system automatyzacji może realizować wtedy funkcje z zakresu *facility management*, wykonując następujące rodzaje zadań: programowane włączanie i wyłączanie, optymalne włączanie i wyłączanie, praca cykliczna, ograniczenie poboru energii, sterowanie adaptacyjne, sterowanie predykcyjne, optymalizacja chłodzenia, optymalizacja ogrzewania, optymalizacja dostaw energii. Celem procesów optymalizacji są: regulacja pracy urządzeń, oszczędzanie energii, elastyczność operacji, system przyjaznego użytkownika [1].

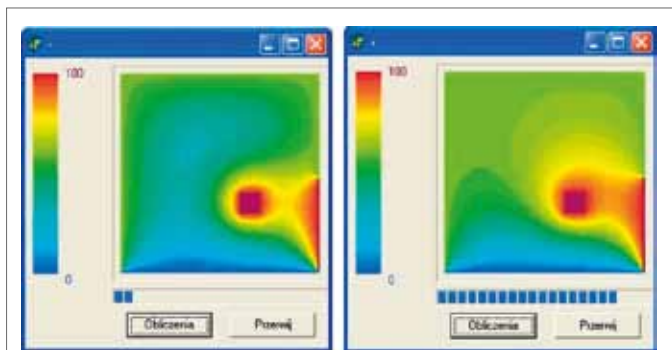
3. Energooszczędność „budynku inteligentnego”

Energooszczędność jest największym wyzwaniem dla współczesnego przemysłu budowlanego. Możliwości oszczędzania energii poszukuje się na wszystkich etapach powstawania budynku. Dzięki zastosowaniu w „budynku inteligentnym” wysoko zaawansowanej technicznie automatyki, możliwe jest stałe monitorowanie pracy urządzeń i zarządzanie zużyciem energii w trakcie eksploatacji. Nowe koncepcje *sustainable building*, czyli budynku zrównoważonego, ukazują nowe perspektywy obniżania zużycia energii dzięki zastosowaniu alternatywnych źródeł energii i technologii hybrydowych w procesach ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji i chłodzenia budynków.

Na rys. 2 przedstawiono analizę procentowego udziału ogrzewania, wentylacji, przygotowania CWU, gotowania oraz oświetlenia i urządzeń elektrycznych, w całkowitym zużyciu energii w budynkach mieszkalnych. Przeprowadzona analiza pozwala jednoznacznie stwierdzić, że największy udział w całkowitym zużyciu energii w budynkach mieszkalnych należy do ogrzewania – 41,5%. Oznacza to, że w przyszłości dużą rolę odegrają badania nad energooszczędnością w budynkach pasywnych, co



Rys. 2. Zużycie energii w budynkach mieszkalnych [3]



Rys. 3. Symulacja komputerowa rozkładu temperatury [°C]

związane jest z odpowiednim zaprojektowaniem, umiejscowieniem, a także uszczelnieniem budynku inteligentnego. Aspekty te pozytywnie wpłyną na odpowienie nasłonecznieniu wewnątrz budynku, w pomieszczeniach, które szczególnie tego wymagają, a jednocześnie jest szansa na zatrzymanie ciepła w budynku na dłuższy czas. W budynkach pasywnych, oprócz ciepła pochodzącego od słońca i ludzi, uwzględnić należy także ciepło wytwarzane przy okazji oświetlenia pomieszczeń czy też pracujących w nich urządzeń elektrycznych. Energooszczędność może być zatem uzyskiwana drogą pasywną poprzez odpowiednie projektowanie budynków, a także poprzez systemy aktywne, wykorzystujące nowe technologie budowlane, jak: kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, generatory wiatrakowe, układy technologiczne na biomasę.

Rezultatem energooszczędności w projektowaniu „budynków inteligentnych” może być obniżenie zużycia energii o 30–50%.

Symulację komputerową rozkładu temperatury [°C] na parterze domku jednorodzinny typu *eko-building*, wyposażonego w nowoczesny kominek z płaszczem wodnym, opalanym biomasą o wartości energetycznej 15 MJ/kg, zamodelowano w programie Delphi 7 i przedstawiono na rys. 3.

4. Podsumowanie

W ciągu ostatnich kilku lat wzrosło zużycie energii elektrycznej. Tradycyjne rozwiązania infrastruktury elektrycznej zostały zastąpione nowymi elektrowniami, nowymi liniami przesyłowymi, podstacjami i związanymi z nimi urządzeniami. Jed-

nakże proces lokalizacji i budowy nowych linii przesyłowych stał się niezwykle trudny, kosztowny i czasochłonny. W rezultacie odbiorcy energii elektrycznej z sieci energetycznej są pod wpływem stresu, związanego z naruszoną niezawodnością i wyższymi kosztami energii [6]. Pomimo tych problemów niezawodność systemu energetycznego ma kluczowe znaczenie i nie może być naruszona. Utrata linii powoduje przeciążenie, które w konsekwencji prowadzi do nieefektywnego działania rynku energii [5].

Stąd uzasadniona potrzeba wdrażania nowoczesnych, inteligentnych instalacji elektrycznych. Powinny być one oparte przede wszystkim na bezpieczeństwie, energooszczędności i niezawodności systemów energetycznych, zaopatrzających zautomatyzowane kompleksy inteligentnych budynków w energię elektryczną, pochodzącą z odnawialnych źródeł energii.

Istotne znaczenie ma przekształcenie obecnego systemu elektroenergetycznego EPS (z ang. *Electrical Power System*) w system inteligentnej sieci energii elektrycznej SEEN (z ang. *Smart Electrical Energy Network*). Przyszłość SEEN zapowiada się bardzo dobrze, ze względu na większą elastyczność, niezawodność, samokontrolę i pełne zautomatyzowanie systemu. SEEN będzie platformą umożliwiającą współistnienie inteligentnej sieci z dużą liczbą odbiorców generacji rozproszonej DG (z ang. *Distributed Generation*) wraz z rozwijanymi na dużą skalę scentralizowanymi elektrowniami wiatrowymi i słonecznymi [7–9].

Potrzeba zmian wymaga usunięcia przeszkód, związanych z wykorzystaniem na dużą skalę generacji rozproszonych DG. Będzie to wymagało badań i rozwoju innowacyjnych technologii wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej w odniesieniu do narzędzi komunikacyjnych, z dużo większą liczbą czujników niż obecnie. Dlatego przewiduje się, że elementarne systemy, takie jak: Elastyczny System Przesyłowy Prądu Przemiennej FAKTS (z ang. *Flexible Alternating Current Transmission System*), System Zasilania CUPS (z ang. *Custom Power Systems*), System Magazynowania Energii ESS (z ang. *Energy Storage Systems*), System Generacji Rozproszonej DG (z ang. *Distributed Generation*) oraz inteligentne urządzenia użytkownika końcowego wraz z komunikacją będą sercem przyszłości SEEN [10, 11].

W systemie przesyłowym inteligentnej sieci energii elektrycznej SEEN, moc urządzeń podłączonych do elektronicznych systemów, takich jak: System Zasilania CUPS, System Magazynowania Energii ESS, System Generacji Rozproszonej DG oraz moc inteligentnych urządzeń użytkownika końcowego, może mieć znaczący wpływ na jakość energii elektrycznej dostarczanej do odbiorców końcowych [12–14]. Dzięki zastosowaniu nowych technologii można poprawić niezawodność i jakość dostarczanych mocy poprzez redukcję liczby przerw w dostawach energii. Właściwe stosowanie nowoczesnych technologii będzie korzystne dla wszystkich odbiorców przemysłowych, komercyjnych i gospodarstw domowych [5].

Na podstawie analizy, przeprowadzonej w artykule stwierdzono, że największy udział w całkowitym zużyciu energii w budynkach mieszkalnych należy do ogrzewania – 41,5%, a najmniejszy do oświetlenia i urządzeń elektrycznych – 7,0%. W związku z powyższym, pod względem procentowego udziału, analizowane aspekty zużycia energii można uszeregować w następującej kolejności: ogrzewanie – 41,5%, wentylacja – 30%, przygotowanie CWU – 12,5%, gotowanie – 9,0%, oświetlenie i urządzenia elektryczne – 7,0%.

W „budynkach inteligentnych” wykorzystuje się wszelkie możliwe sposoby oszczędzania energii. Oferuje się wysoki poziom komfortu mikroklimatu środowiska przy maksymalnie niskim zużyciu energii na ten cel. W przyszłości planuje się działania zmierzające do ochrony środowiska w procesach eksploatacji budynków. Aspekt ten prowadzi do tworzenia następnej generacji „budynku inteligentnego”, tzw. *sustainable building*, czyli budynku zrównoważonego, przyjaznego środowisku. Obecnie realizowane budynki typu *green building* i *eko-building* stanowią zapowiedź inteligentnego budynku zrównoważonego [1].

Literatura

- [1] NIEZABITOWSKA E., SOWA J., STANISZEWSKI Z., WINNICKA-JAŚŁOWSKA D., BORON W., NIEZABITOWSKI A.: *Budynek Inteligentny*, [w] NIEZABITOWSKA E. (red.) *Potrzeby użytkownika a standard budynku inteligentnego. Tom I*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010, s. 319–324.
- [2] SKOWRONEK K., KĘPA M.: *Monitoring energii w budynku inteligentnym*. XV Konferencja PP ZKwE, Poznań, 19–21 kwietnia 2010, s. 131–132.
- [3] MRÓZ T., SZKARLAT K.: *Wpływ BMS na charakterystykę energetyczną budynku*. Wyd. Instalacje 2010, s. 4.
- [4] <http://www.xcomfort.pl>, dn. 20.09.2011, godz. 16:00.
- [5] STRZELECKI R., BENYSEK G.: *Power Electronics In Smart Electrical Energy Networks*. Springer, London 2008, p. 8.
- [6] BENYSEK G.: *Improvement in the quality of delivery of electrical energy using power electronics systems*. Springer-Verlag, London 2007.
- [7] GELLINGS C.: *Smart power delivery: a vision for the future*. EPRI Journal, June 2003.
- [8] GridWise Alliance: *Rethinking energy from generation to consumption*. Brochure, 2003.
- [9] KANNBERG L.: *GridWise – transforming the energy system*. Pacific Northwest National Laboratory, Conference Presentation, 2003.
- [10] MAZZA P.: *The smart energy network – electricity's third great revolution*, 2003, <http://www.climatesolutions.org>, dn. 19.11.2011, godz. 22:00.
- [11] MASSOUD S., WOLLENBERG B.: *Toward a smart grid – power delivery for the 21st century*. IEEE Power and Energy Magazine, 2005, vol. 3:34–41.
- [12] THOMSEN P.: *Application and control of CUPS in the distribution grid*. Institute of Energy Technology, Aalborg University, 1999, vol. 3:2–11.
- [13] STRZELECKI R., BENYSEK G.: *Conceptions and properties of the arrangements in distributed electrical power systems*, 2004, MITEL Conference, p. 241–248.
- [14] STRZELECKI R., JARNUT M., BENYSEK G.: *Active electrical energy conditioners for individual customers*. PES Conference, Warsaw University of Technology Press, 2003, vol. 1:27–34.

mgr inż. Tomasz Jarmuda – Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej, Politechnika Poznańska;
e-mail: tomasz.jarmuda@put.poznan.pl