

# Modele systemów automatyki budynkowej we wspomaganiu zarządzania energią w gospodarstwach prosumenckich

Marek B. Horyński

## Wstęp

Podstawowe kierunki polskiej polityki energetycznej skupiają się na:

- poprawie efektywności energetycznej [18, 19, 20];
- wzroście bezpieczeństwa dostaw paliw i energii [12, 13];
- dywersyfikacji struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie alternatywnych źródeł energii;
- rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw [7];
- rozwoju konkurencyjnych rynków paliw i energii;
- ograniczaniu oddziaływania energetyki na środowisko.

Efektywność energetyczna stanowi najwyższy priorytet w projektowaniu systemów automatyzacji budynków w gospodarstwach prosumenckich [6]. Celem działania naukowców i projektantów tych systemów jest maksymalna redukcja zużywanego 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. Procesy optymalizacji zmierzają do: regulacji pracy urządzeń, oszczędzania energii, elastyczności operacji oraz tworzenia systemów przyjaznych użytkownikowi [1].

Po raz pierwszy od lat 80. ub.w. w dniu 10 sierpnia 2015 roku, wprowadzono 20. stopień zasilania. Pokazało to po raz kolejny, że energetyka wymaga zmian, które zagwarantują pewność dostaw energii po konkurencyjnych cenach. Rysujący się dylemat, w jaki sposób finansować odbudowę mocy wytwórczych w elektroenergetyce, częściowo może być złagodzony na skutek podjęcia działań po stronie zarządzania popytem na energię.

Optymalizacja zużycia energii w budynkach powinna opierać się na następujących działaniach:

- wykorzystanie energii tylko wtedy, gdy jest to konieczne [11];
- ilość energii potrzebnej do użycia powinna być utrzymana na rozsądnie niskim poziomie [9, 10, 12];
- zużyta energia dla maksymalnej wydajności.

Świadome zużycie energii zabezpiecza przyszłość i prowadzi do bardziej ekonomicznego domu. Nie można jednak jednoznacznie określić, jakie poziomy oszczędności energii są możliwe. To zależy od wielu czynników [1, 5, 6].

Przetwarzanie informacji jest konieczne ze względów operacyjnych i prowadzi do zmniejszenia zużycia energii.

**Streszczenie:** W dobie rozwoju nowoczesnych technologii w automatyce budynkowej coraz bardziej istotne staje się kształcenie nowych kadr i przygotowanie dobrze wyedukowanych specjalistów mogących projektować i programować instalacje. Ze względu na postępujący rozwój technologii w wielu gałęziach życia konieczne jest ustawiczne zdobywanie wiedzy. Niniejsze wyzwania dobrze korespondują ze Strategią na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju oraz z programem Czyste Powietrze. Niniejszy artykuł dotyczy modeli systemów automatyki stosowanych w nowoczesnych gospodarstwach prosumenckich. Szczególną uwagę zwrócono na najpopularniejsze na świecie standardy i systemy polskiej produkcji. Omówiono również rozwój oprogramowania do projektowania i programowania tych systemów.

Słowa kluczowe: interaktywny, inteligentny budynek, energooszczędność, zarządzanie energią, sterowanie

## MODELS OF BUILDING AUTOMATION SYSTEMS SUPPORTING ENERGY MANAGEMENT IN PROSUMER FARMS

**Abstract:** *The work presents selected models of building automation systems dedicated to economical energy management in prosumer farms. Energy and ensuring universal access from various sources is one of the areas affecting the achievement of the objectives of the Strategy for Responsible Development and Clean air plan. The implementation of automation in the construction sector forced the rapid development of information technology. This technique can also be applied in the sector of renewable energy sources. Today, modern automation systems spread into new areas of human activity. These include the prosumers. An important aspect of their operation is to ensure the safety, functionality and energy efficiency. Model described in the article allows for a more complete analysis of the issue of integration intelligent building installation.*

Keywords: *interactive, intelligent building, energy efficiency, energy management, control*

Ze względu na złożoność konstrukcji i funkcjonalność istnieją znaczne różnice w zużyciu energii elektrycznej w domach tradycyjnych i inteligentnych. Skutkuje to wyższymi wymaganiami projektowymi i produkcyjnymi [6, 7, 8, 15].

W trakcie badań była prowadzona analiza systemów sterowania i technologii stosowanych w instalacji inteligentnych budynków. Laboratorium badawcze jest przygotowane do certyfikacji przez Stowarzyszenie KNX.

Laboratoryjne stacje robocze to komputery z wyspecjalizowanym oprogramowaniem, które jest wymagane do skonfigurowania konkretnego systemu. Każda stacja jest również wyposażona w elementy zaprojektowane do wizualizacji działania zaprogramowanej instalacji [2, 3, 4].

Aby zrozumieć potrzebę oszczędzania energii, należy zidentyfikować czynniki wpływające na dystrybucję zużycia energii.

Ze względu na wiele czynników, które mają wpływ na właściwe zarządzanie energią w budynkach, niezbędne stało się wyposażenie laboratorium w systemy budowlane. W laboratorium możliwe jest testowanie urządzeń w następującej konfiguracji:

- brak systemów kontroli;
- brak zintegrowanych systemów kontroli;
- częściowy monitoring;
- pełny monitoring;
- pełny monitoring i częściowe centralne zarządzanie;
- pełne zarządzanie.

Laboratorium jest wyposażone w sprzęt polskich producentów i wybrane zagraniczne rozwiązania.

Wspomagane komputerowo testowanie systemów automatyki budynkowej obejmuje wykorzystanie oprogramowania i modeli do symulowania działania rzeczywistych warunków w celu poprawy projektów, algorytmów sterowania lub analizy efektywności energetycznej zastosowanych rozwiązań.

## 1. Modele systemów automatyki budynku

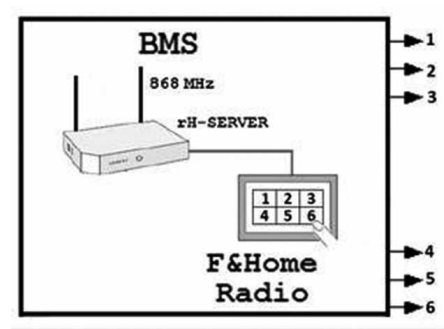
W Laboratorium Energooszczędnych Systemów Budynkowych znajdują się modele bezprzewodowych, przewodowych i mieszanych systemów automatyki budynkowej.

Przykładem systemu bezprzewodowego jest stacja mobilna F@Home Radio [8]. Model wyposażony jest w zasilacz, System Access Point i cztery moduły siłowników/czujników – dwa unipolarne i dwa bipolarne – dając w sumie sześć niezależnych kanałów sterujących (rys. 1).

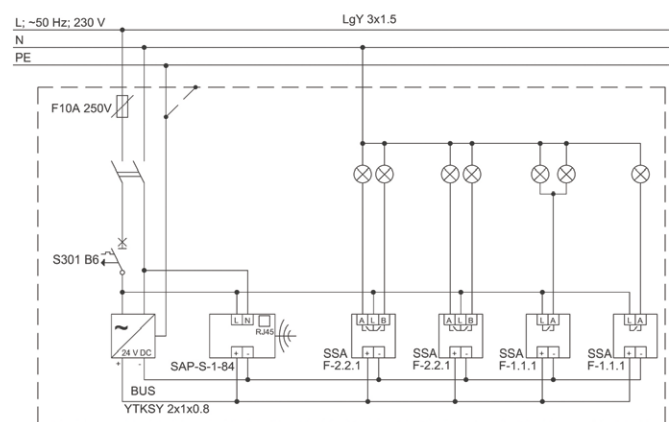
Urządzenia przełączające nie mają rozbudowanych funkcji, służą jako przełączniki. Zainstalowane oświetlenie LED jest modelem oświetlenia pomieszczenia.

Komunikacja między urządzeniami w budynku jest zapewniona za pomocą magistrali 24 V DC, do której podłączone są wszystkie komponenty w systemie. Połączenie modułów z magistralą umożliwia zarządzanie każdym ze źródeł światła pokazanym na schemacie (rys. 2) z dowolnego przycisku. W przypadku tradycyjnej instalacji domowej, jeśli chcemy ją przekształcić w inteligentną, wystarczy dodać kabel sieciowy. Ogranicza to koszty wyburzania i naprawy ścian.

Model umożliwia zdalne zarządzanie indywidualną lub grupową pracą poszczególnych urządzeń w zdefiniowanych scenariuszach za pomocą wiadomości tekstowych SMS i specjalnych aplikacji. Zapewnia to użytkownikom zdalny dostęp do kontroli stanu i bezpośredni nadzór nad urządzeniami w scenariuszach zdefiniowanych zgodnie z ich preferencjami.



Rys. 1. Model stacji ruchomej systemu bezprzewodowego F&Home Radio



Rys. 2. Schemat elektryczny systemu automatyki budynkowej wyposażonego w ABB free mobile home system

Zaletą tego rozwiązania jest możliwość analizowania autonomicznej pracy testowanego systemu, dzięki czemu użytkownik jest wyłączony z kontroli poszczególnych elementów instalacji. Rolę użytkownika przejmuje system po rozpoznaniu bieżącej jego aktywności.

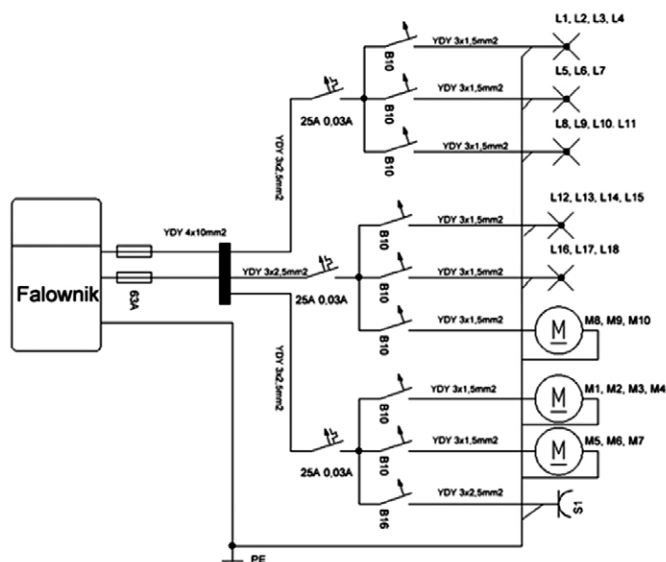
## 2. Model instalacji HDL-PRO w zarządzaniu gospodarstwem prosumenta

Ze względu na korzystne warunki wykorzystania energii słonecznej w województwie lubelskim analiza dotyczy możliwości stworzenia systemów fotowoltaicznych zasilanych z systemów fotowoltaicznych.

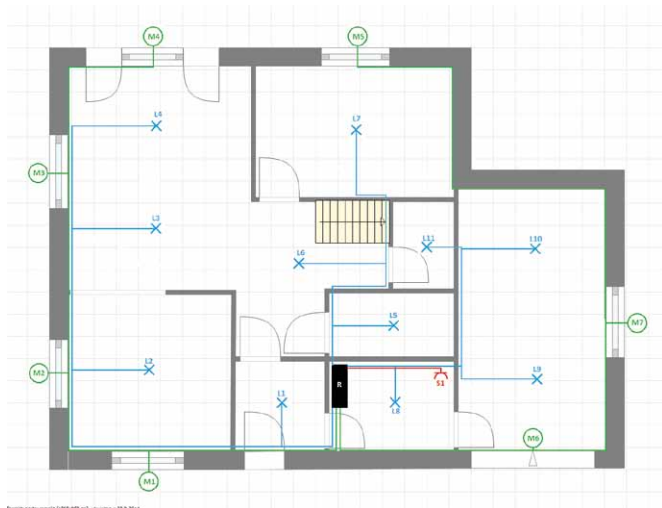
Model instalacji prosumenta został opracowany przy użyciu systemu magistrali HDL-Pro (rys. 3).

To rozwiązanie pozwala na zbadanie możliwych wariantów autonomicznych systemów w domu wyposażonym w automatykę budynkową. Modułowa budowa stacji pozwala na analizę wpływu zasilania pomocniczego za pomocą odnawialnego źródła napięcia na różne instalacje w budynku.

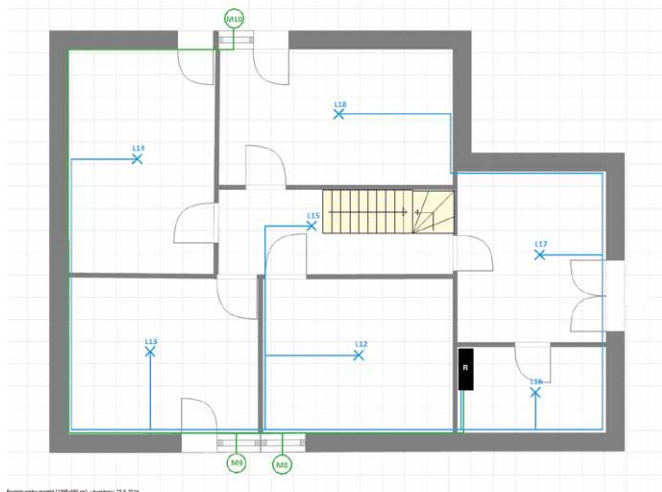
Schemat ideowy zasilania oświetlenia, napędów rolet i bramy dla poszczególnych scenariuszy pracy realizowanych za pomocą modelu budynku pokazano na rysunkach 4 i 5.



Rys. 3. Schemat instalacji elektrycznej zasilającej gospodarstwo prosumenta



Rys. 4. Schemat zasilania odbiorników oświetlenia, silników żaluzji i gniazd podgrzewacza wody na pierwszym piętrze (parterze) budynku



Rys. 5. Schemat zasilania odbiorników oświetlenia, silników żaluzjowych na drugim piętrze budynku

### 3. Zautomatyzowany model systemu w gospodarstwie prosumenta, producenta rolnego

W ramach badań nad zintegrowanymi systemami automatyki budynkowej opracowano model instalacji w magazynowym centrum logistycznym będącym częścią rozwiniętego gospodarstwa rolnego. Automatyzacja produkcji powoduje gromadzenie towarów wymagających przechowywania i następnie dystrybuowania. Magazyny mogą być punktami dostawy i koncentracji lub dystrybucji towarów w systemie logistycznym. Każda firma musi posiadać zaplecze magazynowe, które jest istotną częścią systemu logistycznego i gdzie przechowywane są towary w celu zapewnienia ciągłości dostaw. Organizacja i dominacja poszczególnych procesów zachodzących w niej zależy od jej funkcji.

Energia elektryczna zajmuje ważne miejsce w strukturze kosztów tych obiektów. Systemy zasilania są wykorzystywane głównie do sterowania oświetleniem, wentylacją, klimatyzacją i magazynowaniem. Ważne jest stosowanie energooszczędnego oświetlenia oraz nowoczesnego sprzętu wentylacyjnego i klimatyzacyjnego.

Zarządzanie energią odgrywa kluczową rolę w gospodarowaniu energią elektryczną [1, 10, 14, 16, 17]. Prawdziwe możliwości oszczędzania energii wynikały ze spójności i integracji wszystkich systemów w budynku. Optymalne wyniki uzyskuje się, gdy program wykorzystuje dostępne zasoby sprzętowe.

### 4. Laboratorium inteligentnych liczników

Bieżąca praca przewiduje uzupełnienie Laboratorium o urządzenia do zarządzania energią i inteligentne liczniki w gospodarstwach prosumentów. Dyrektywy UE definiują „inteligentny licznik” jako zestaw urządzeń służących do pomiaru energii elektrycznej i do przesyłania informacji pomiarowych za pośrednictwem systemu komputerowego (rys. 6). Zakłada się, że korzystanie z tych modeli przyniesie korzyści w wielu aspektach: ekonomicznym, funkcjonalnym, użytkowym, edukacyjnym i środowiskowym.

W połączeniu z aktorami energetycznymi i serwerami wizualizacji będą one uzupełnieniem systemu zarządzania energią w instalacji prosumenta.

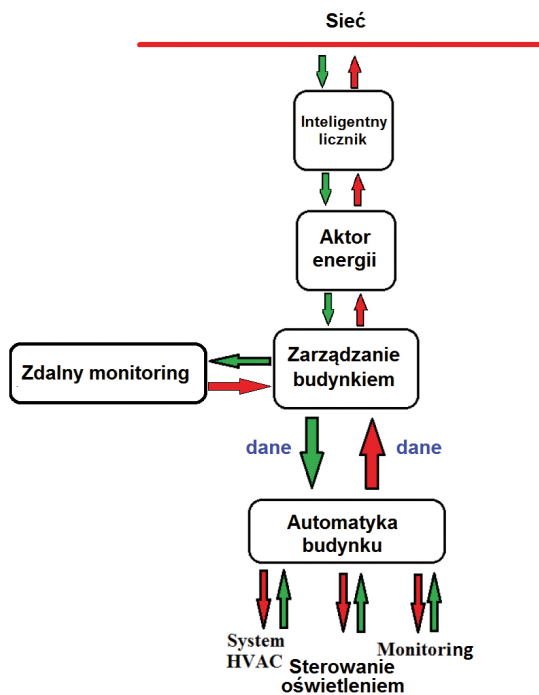
### 5. Podsumowanie

Ze względu na specyfikę i zróżnicowanie każdego obiektu działanie projektanta nie może opierać się na powielaniu gotowych rozwiązań. Musi zawsze dokonać krytycznej oceny i sprawdzić funkcjonalność w sprawie.

Ze względu na różnorodność czynników klasyfikacji (od warunków klimatycznych po specyfikację procesu technologicznego) ważne jest, aby projektant współpracował z inżynierami z innych dziedzin, posiadającymi doświadczenie w tej dziedzinie.

Właściwe zarządzanie energią jest jednym z najważniejszych problemów w funkcjonowaniu budynków.

Dostępność nowoczesnych zintegrowanych instalacji elektrycznych coraz częściej zwiększa ich wykorzystanie. Projektanci nowoczesnych instalacji elektrycznych powinni kierować się efektywnością energetyczną w budynkach. Takie podejście wymaga jednak bardzo dobrej znajomości działania



Rys. 6. Zasilanie automatyki budynkowej w gospodarstwie prosumenta z wykorzystaniem aktora energii i inteligentnego licznika

nowoczesnego sprzętu instalacyjnego oraz szeregu obliczeń i analiz. Zastosowanie modeli w laboratorium badawczym pozwala badać zagadnienia będące przedmiotem integracji systemów automatyki budynkowej. Konieczne jest poznanie interakcji między tymi systemami a niezintegrowanymi urządzeniami.

Daje to następujące korzyści:

- potencjalne obniżenie kosztów i czasu rozwoju produktu, przy jednoczesnym podniesieniu jego jakości i trwałości;
- decyzje projektowe mogą być podejmowane w oparciu o ich wpływ na funkcjonowanie produktu;
- projekty mogą być analizowane i ulepszone za pomocą symulacji komputerowych zamiast testowania fizycznego prototypu [14, 15];
- modele umożliwiają uwzględnienie funkcjonalności produktu na wcześniejszym etapie jego opracowywania, gdy zmiany projektu są mniej kosztowne w implementacji;
- modele pozwalają zespołom inżynierów zarządzać ryzykiem i mieć świadomość konsekwencji ich projektów;
- zintegrowane zarządzanie danymi i procesy CAE umożliwiają szerszej społeczności efektywne wykorzystanie wyników analiz i ulepszeń projektów;
- istotnym czynnikiem wpływającym na wdrażanie nowych technologii w budynkach jest wzrost kosztów operacyjnych. Podstawowym kosztem jest energia, która stanowi około 60% całkowitego rachunku [18, 19, 20].

## Literatura

- [1] BORKOWSKI P.: *Podstawy integracji systemów zarządzania zasobami w obrębie obiektu*. Wydawnictwo WNT, Warszawa 2009.
- [2] BUCZAJ M., SUMOREK A.: *Wirtualny system nadzoru sterujący pracą systemu sygnalizacji włamania i napadu*. „Motrol” 12/2010.

- [3] HORYŃSKI M., MAJCHER J.: *Automatyka budynkowa jako element bezpieczeństwa*. „Technika Transportu Szynowego” 12/2016.
- [4] F&F: *Materiały katalogowe producenta systemu F&F Home Radio*, 2014.
- [5] HORYŃSKI M.: *The application of dispersed processing networks in order to optimize the energy consumption in contemporary buildings*. „Przegląd Elektrotechniczny” 7/2013.
- [6] KACEJKO P., PIJARSKI P., GAŁĄZKA K.: *Prosument – Friend, Enemy, or just a hobbyist?* XX Scientific and Technical Conference „Energy Market” (REE 2014), 21–23.05.2014, Kazimierz Dolny, p. 92-98.
- [7] KUNA-BRONIOWSKI M., ADAMIEC M.: *A fuel cell as a power source for computing devices in agriculture*. „Agricultural Engineering” 8(68)/2005.
- [8] *Materiały katalogowe ABB*, 2012.
- [9] MIKULIK J.: *Budynek inteligentny – podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych. Tom II*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [10] OŻADOWICZ A.: *Magistralne zintegrowane systemy automatyki budynku – porównanie systemów EIB/KNX i LonWorks*, „Elektrotechnika i Elektronika”, 21, vol. 1, Wydawnictwo AGH, Kraków 2002.
- [11] PETYKIEWICZ P.: *Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku*. COSiW SEP, Warszawa 2001.
- [12] SZUŁZYK-CIEPLAK J., LENIK K., KORGA S., OZONEK J., JUCHNOWICZ R.: *Możliwość usprawnień w zakresie bezpieczeństwa na przykładzie zakładów poligraficznych*. „Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych” 1/2016.
- [13] SZUŁZYK-CIEPLAK J., LENIK K., ŁOBODA D.: *Bezpieczeństwo pożarowe obiektów w aspekcie wymogów specjalnych ośrodków oświatowo-wychowawczych*. „Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych” 1/2015.
- [14] TROJANOWSKA M., SZUL T.: *Modelling of energy demand for heating buildings, heating tap water and cooking in rural households*. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN – 2006, 6A, p. 184–190.
- [15] URZĘDOWSKI A., WÓJCICKA-MIGASIUK D.: *Visual analysis of heat transport in unique object*. „Advances in Science and Technology Research Journal” nr 28, vol. 9, 2015.
- [16] Norma PN-EN ISO 50001:2012, *Systemy zarządzania energią – Wymagania i zalecenia użytkownika*.
- [17] *Podręcznik produktu aktor energetyczny SE/S 3.16.1 firmy ABB*.
- [18] SINOPOLI J.: *Smart Buildings Systems for Architects, Owners and Builders*. Elsevier, 2010.
- [19] SINOPOLI J.: *Advanced Technology for Smart Buildings*. Artech House, 2016, pp. 272.
- [20] SPRYCHA I.: *Standard PN-ISO 50001:2012 – Energy Management Systems – requirements and recommendations for use*.

dr inż. Marek B. Horyński – Katedra Podstaw Techniki,  
Politechnika Lubelska;  
e-mail: m.horynski@pollub.pl