

# Nowatorskie zastosowanie sieci BACnet. Integracja systemów przeciwpożarowych, oświetleniowych oraz wypożyczalni rowerów przy użyciu sterownika swobodnie programowalnego PLC

Karol Wdowikowski, Ryszard Dworzecki, Tomasz Simiński

## Streszczenie

Rozpowszechnienie systemów automatyki i sterowania oraz świadomość społeczna szerokiego spektrum jej zastosowania ukształtowały popyt na kompleksowe systemy sterowania o wysokiej uniwersalności, energooszczędności i optymalnym działaniu.

Brak rozwiązania rynkowego spełniającego wszystkie kryteria skłonił nas do opracowania sterownika swobodnie programowalnego, który oprócz zarządzania systemami klimatyzacyjno-wentylacyjnymi, ciepłownictwem, systemami oświetlenia, systemami ochrony przeciwpożarowej, obsługi paneli HMI oraz programowalnych termostatów zarządza z powodzeniem również systemem wypożyczalni rowerów.

Systemy przeciwpożarowe oparte na sterownikach PLC, pracujących w patentowanej sieci BACnet RING, zwiększają bezpieczeństwo poprzez zabezpieczenie przepływu informacji pomiędzy urządzeniami oraz gwarantowaną informację dotyczącą stanu rzeczywistego kontrolowanych klap przeciwpożarowych, stanu urządzenia nadzorującego, stanu zasilania oraz poprawności wykonania scenariusza pożarowego.

Samoobsługowe wypożyczalnie rowerów wykorzystują trzy rodzaje zasilania stacji sterującej, w tym dwóch odnawialnych: energii solarnej oraz energii mechanicznej. Alternatywne pozyskiwanie energii elektrycznej chroni środowisko naturalne oraz zmniejsza koszty eksploatacji systemów wypożyczalni rowerów (SWR).

Systemy sterowania oświetleniem pozwalają na wdrożenie inteligentnego zarządzania urządzeniami emitującymi energię świetlną o zróżnicowanym natężeniu. Niskie koszty rozwiązania oraz szybka rozbudowa i montaż pozwalają na aplikację systemów zarówno w małych/średnich, jak i dużych mieszkaniach lub budynkach mieszkalnych.

Sterowniki swobodnie programowalne firmy EL-Piast – dzięki uniwersalności, innowacyjności oraz stabilności – pozwalają na kierowanie procesami automatyzacji nawet w nietypowych zastosowaniach. Wykorzystanie opisanych rozwiązań przy zwiększeniu bezpieczeństwa i niezawodności zmniejsza koszty eksploatacji oraz poprawia ergonomię użytkownika. Intuicyjność programowania, gotowe elementy składowe systemów, łatwość montażu, innowacyjne algorytmy sterowania oraz

pozyskiwania odnawialnych źródeł energii świadczą o bardzo wysokim poziomie rozwiązań niedostępnych na rynku w takiej formie.

Słowa kluczowe: sterowniki swobodnie programowalne PLC, samoobsługowa wypożyczalnia rowerów, oświetlenie, ochrona przeciwpożarowa, układy klimatyzacyjno-wentylacyjne

## **Cutting edge application of BACnet network. Integrating self-service bike rental, fire protection and lighting systems with freely programmable PLC**

### Abstract

*The widespread use of automation and control systems and public awareness across a wide range of applications has shaped the demand for comprehensive control systems with high versatility, energy efficiency and optimum performance.*

*The lack of a market solution that meets all the criteria has prompted us to develop a freely programmable controller, which in addition to the management of air conditioning and ventilation systems, heating systems, lighting systems, fire protection systems, HMI panels and programmable thermostats, also manages a bicycle rental system.*

*Fire protection systems based on PLCs operating in the BACnet RING patented network increase security by securing the flow of information between devices and guaranteed information on the state of the real-time fire dampers, the status of the monitoring device, the power status and the correctness of the fire scenario.*

*Self-service bike rentals use three types of power station control, including two renewable solar energy and mechanical energy. Alternative energy generation protects the environment and the colder costs of exploring bike rental systems (SWRs).*

*The lighting control system enables the intelligent management of light-emitting devices of varying intensity. The low cost of the solution and rapid expansion and assembly allow for the application of systems in small/medium or large flats or residential buildings.*

*EL-Piast freely programmable controllers, thanks to their versatility, innovation and stability, allow you to drive automation*

even in non-standard applications. Utilizing the described solutions to increase safety and reliability reduces the cost of exploration and improves the ergonomics of use. Intuitive programming, ready-made components, easy assembly, innovative control algorithms, and renewable energy sources provide a very high level of market-based solutions in this form.

**Keywords:** PLC (programmable controllers), self-service bike rental, lighting, fire protection, air conditioning and ventilation systems,

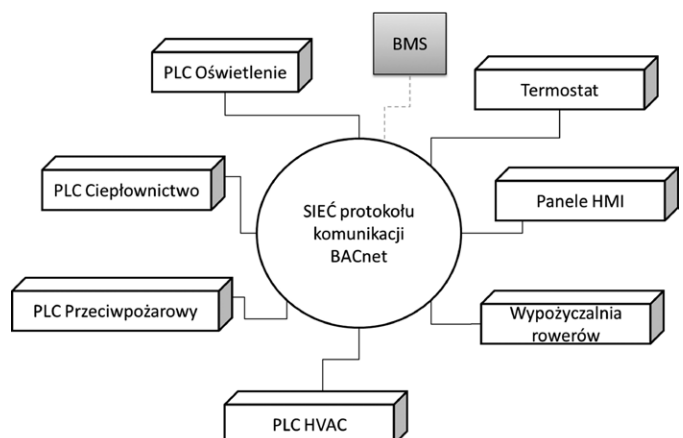
## 1. Wstęp

Dynamiczny rozwój branży komputerowej oraz postępująca urbanizacja wpłynęły na zwiększone zapotrzebowanie zarówno na automatyzację procesów przemysłowych, jak i automatyzację oraz centralizację systemów budynkowych. Z uwagi na pośpiech oraz ilość bodźców, na które narażony jest współczesny człowiek, oraz nacisk na ograniczenie kosztów eksploatacji zauważalna jest tendencja do automatyzacji i monitorowania procesów klimatyzacyjno-wentylacyjnych, ciepłownictwa, chłodnictwa, ochrony przeciwpożarowej, oświetlenia. Zbliżonym trendom podlegają usługi. Procesy, które z uwagi na specyfikę podlegają automatyzacji, również kontrolowane są przez algorytmy sterowania. Niedostępność lub niewystarczająca kompleksowość, niezawodność lub wysokie koszty systemów spowodowały opracowanie projektu automatyki sterowania, która sprawdza się również w nietypowych zastosowaniach. W opracowaniu szeroko omówione zostaną niespotykane zastosowania swobodnie programowalnych sterowników PLC EL-Piast, które pracują m.in. w systemach wypożyczalni rowerów, systemach oświetleniowych w budynkach/mieszkaniach jedno-/wielorodzinnych oraz innowacyjnych systemach przeciwpożarowych. Każde z rozwiązań rozbudowane jest również o niezbędne elementy interfejsu użytkownika HMI oraz zoptymalizowane algorytmy sterowania oparte na wieloletnim doświadczeniu na rynku automatyki oraz licznych realizacji zróżnicowanych pod kątem potrzeb, wymagań i norm. Omówione sterowniki PLC charakteryzują się uniwersalnością oraz intuicyjnością programowania, możliwością rozbudowania wdrożonego systemu oraz montażem w budynkach powstających zgodnie z obecnie obowiązującymi normami oraz obiektami, które ulegają modernizacji.

Zwyzkujące zapotrzebowanie na kompleksową automatyzację sterowania systemami klimatyzacyjno-wentylacyjnymi (HVAC), ciepłownictwa, chłodnictwa, obwodami przeciwpożarowymi oraz systemami oświetlenia jest związane z restrykcjami prawnymi, jakie muszą spełniać budynki techniczne, zabudowania użyteczności publicznej oraz nieruchomości mieszkalne. Różnorodność obiektów i zaimplementowanych systemów implikuje mnogość zastosowań, które muszą spełniać swobodnie programowalne sterowniki PLC wykorzystujące sieć BACnet (ang. *Building Automation and Control Networks*) [1] do automatyzacji procesów budynkowych. Rozwiązanie wzbogacone powinno zostać o niezbędne elementy interfejsu użytkownika HMI oraz zoptymalizowane algorytmy sterowania.

Założeniem realizowanego projektu jest zbadanie uniwersalności sterownika swobodnie programowalnego zaimplementowanego do wielu zastosowań, który przy wysokiej niezawodności powinien charakteryzować się również wysokim wskaźnikiem efektywności energetycznej. Implementacja otwartego protokołu komunikacyjnego BACnet w urządzeniach nadrzędnych umożliwia działanie układów klimatyzacyjno-wentylacyjnych, ciepłownictwa, przeciwpożarowych, oświetlenia i innych w sieci BACnet.

Dodatkowymi elementami, które zostaną zaprezentowane w artykule, są urządzenia działające w sieci BACnet (rys. 1), wchodzące w skład warstwy wykonawczej automatyki budynkowej. Do urządzeń należą: szafy zasilająco-sterujące do zastosowań klimatyzacyjno-wentylacyjno-chłodniczych, urządzenia interfejsu użytkownika HMI oraz termostaty. Sieć BACnet, w której funkcjonować mają uniwersalne sterowniki PLC, powinna być przystosowana do opcjonalnego podłączenia do nadrzędnego systemu zarządzania budynkiem (BMS), jeśli zachodzi taka potrzeba.

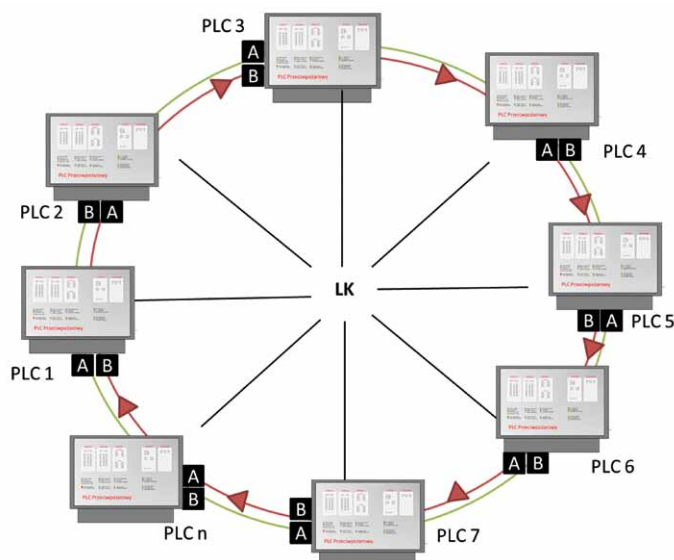


**Rys. 1.** Schemat organizacji elementów sterujących systemu klimatyzacyjno-wentylacyjnego, przeciwpożarowego, ciepłowniczego, oświetleniowego, elementów interfejsu użytkownika oraz termostatów w sieci protokołu BACnet

## 2. Omówienie

### 2.1. Sterowanie przeciwpożarowe

Zapotrzebowanie na poprawę bezpieczeństwa [2] w budynkach użyteczności publicznej oraz obiektach przemysłowych, zgodnie z założeniami projektowymi, powinno zostać zwiększone. Odpowiedzią na stan obecny rynku jest innowacyjny sterownik do zastosowań przeciwpożarowych. Urządzenie cechuje się kompaktowością, jest swobodnie programowalne oraz zorientowane na pracę sieciową w autorskim protokole BACnet RING. W celu realizacji założeń projektowych zaprojektowano oprogramowanie wbudowane, które wspiera serwis BACnet, takie jak tworzenie i usuwanie obiektów. Do konfiguracji i programowania urządzenia w sieci stworzono oprogramowanie Macronavigator dla komputerów PC.



Rys. 2. Schemat komunikacji sterowników PLC układu przeciwpożarowego w sieci BACnet

W celu zapewnienia bezawaryjnej pracy sieciowej sterowników zaprojektowano protokół umożliwiający pracę w topologii zamkniętego pierścienia. Przerwanie magistrali w dowolnym miejscu nie powoduje rozłączenia urządzeń w sieci. Zaimplementowany protokół komunikacyjny sterowników przeciwpożarowych jest modyfikacją BACnet MS/TP, przystosowaną do pracy w zamkniętym pierścieniu. Dodatkowo zaprojektowane oprogramowanie umożliwia zdalną aktualizację Firmware sterownika PLC. Budowa i topologia sieci komunikacyjnej między sterownikami jest nowatorska i wykazuje wysoką złożoność. Sieć połączeń między sterownikami posiada topologię pierścienia bez głównej jednostki nadzorczej, nadrzędnej. Kolejne sterowniki łączone są między sobą fizycznie oddzielnymi liniami komunikacyjnymi. Każdy ze sterowników posiada co najmniej dwa interfejsy komunikacyjne (oznaczone jako A i B na rys. 2).

Sposób łączenia sterowników przedstawiono na rys. 2. Sterownik 1 połączony jest ze sterownikiem 2, sterownik 2 połączony jest oddzielną magistralą ze sterownikiem 3, sterownik 3 połączony jest oddzielną magistralą ze sterownikiem 4, analogicznie sterownik nr 5, 6, 7, aż do zamknięcia pierścienia, gdzie sterownik  $n$  połączony jest oddzielną magistralą ze sterownikiem 1, zamykając pierścień. Każde połączenie między poszczególnymi sterownikami jest niezależne od siebie. Kierunek transferu danych w sieci nie jest jednoznacznie określony, ponieważ zależy jest od czynnika losowego, jak również anomalii, takich jak przerwa w sieci. W przypadku przerwy w jednym miejscu sieci (pierścienia) komunikacja pomiędzy wszystkimi sterownikami w danej sieci jest utrzymana. Sterowniki połączone w sieci pracują jak jeden system i propagują między sobą informacje o przerwaniu pierścienia (sieci) oraz inne zdefiniowane wcześniej alarmy. Sieć sterowników nie posiada centralnej jednostki zarządzającej. Każdy ze sterowników realizuje oddzielny fragment algorytmu. Cała sieć sterowników

realizuje kompletny algorytm pracy. Algorytm pracy jest rozproszony pomiędzy poszczególne sterowniki, ale możliwe jest definiowanie zależności pomiędzy nimi. Przez algorytm pracy należy rozumieć algorytm wprowadzany przez użytkownika, definiujący zależności pomiędzy wejściami i wyjściami sterownika i lub sterownikami pracującymi w danej sieci. Uszkodzenie jednego ze sterowników w sieci nie powoduje zatrzymania realizacji algorytmu. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu izolacji galwanicznej wszystkich wejść i wyjść sterownika między sobą. Zarówno magistral cyfrowych, jak i wejść i wyjść analogowych.

## 2.2. Sterowanie klimatyzacją

Do zastosowań klimatyzacyjnych i wentylacyjnych zaprojektowany został sterownik swobodnie programowalny wprowadzający szereg usprawnień i oszczędności wynikających z optymalnego zarządzania układem. Jednostka zarządzająca przystosowana jest do zewnętrznych, wewnętrznych oraz podwieszanych central HVAC. Dodatkowo sterownik funkcjonuje w sieci protokołu BACnet oraz jako element podrzędny zewnętrznych systemów zarządzających BMS. Zoptymalizowany algorytm sterowania układem klimatyzacyjno-wentylacyjnym eliminuje typowe problemy z elementami centrali, obniża awaryjność oraz zużycie energii elektrycznej.

Niestety nagrzewnica wodna, typowy element układów HVAC, przy nieodpowiednim doborze hydrauliki i błędach instalatorskich, generuje ryzyko obniżenia wydajności i niezawodności systemu.

Pierwsze ryzyko występuje podczas rozruchu centrali klimatyzacyjno-wentylacyjnej. Zbyt niska temperatura zasilania z węzła ciepła wydłuża czas potrzebny na transport ogrzanej wody użytkowej do nagrzewnicy, powodując uruchomienie się alarmu przeciwwamrozeniowego. Kolejnym ryzykiem jest niezasadne występowanie alarmu przeciwwamrozeniowego na postoju układu. Algorytm uwzględnia przypadek, gdy przy zatrzymaniu pracy centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej, znajdującej się na dachu budynku, występuje często naturalne wychłodzenie nawet poprawnie odizolowanej nagrzewnicy.

## 2.3. Sterowanie oświetleniem

Wykorzystywanie optymalnego i prozdrowotnego [3] oświetlenia we wnętrzach jest możliwe przy udziale nowoczesnych systemów oświetleniowych dostosowanych do funkcji przestrzennych budynku. Standardowy zestaw automatyki układu oświetleniowego obejmuje sterowanie oświetleniem polegające na automatycznym utrzymaniu zadanej wcześniej wartości natężenia oświetlenia, bez względu na porę dnia czy też porę roku, oraz płynną regulację strumienia świetlnego źródeł fluorescencyjnych w zakresie od 3% do 100% oraz źródeł żarowych od 0,1% do 100%. Bieżące uzyskiwanie informacji o stanie pracy urządzenia oświetleniowego (np. o emisji strumienia świetlnego poszczególnych opraw oświetleniowych w procentach czy o uszkodzeniu lub wadliwej pracy opraw) jest możliwe jedynie przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania komputerowego. Rekonfiguracja takiego systemu jest możliwa jedynie przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania.

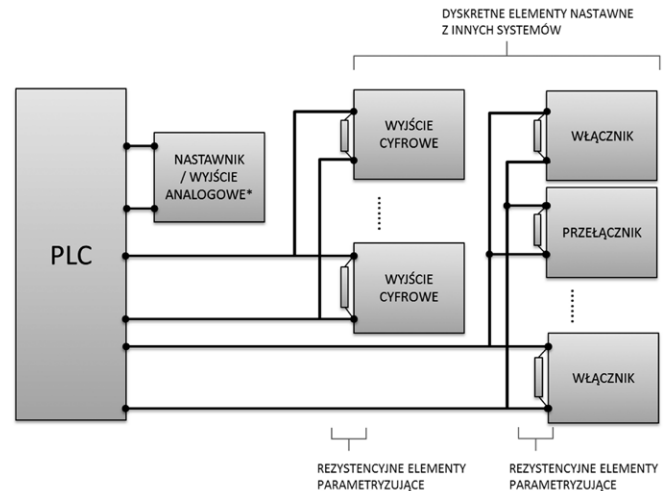


Oszczędności w zużyciu energii elektrycznej w tego typu systemie oświetleniowym sięgają nawet 50% w stosunku do klasycznych systemów oświetleniowych. Wymaganymi elementami niezbędnymi do prawidłowego działania inteligentnego systemu sterowania oświetleniem są: moduł sterujący, czujnik zmian natężenia oświetlenia, czujnik ruchu, oprawy z zainstalowanymi elektronicznymi układami zapłonowymi, przystosowanymi do współpracy z modułem sterującym. Opcjonalnymi elementami systemu sterowania oświetleniem są panel sterujący z wbudowanym czujnikiem podczerwieni oraz interfejs umożliwiający komunikację użytkownika z systemem, przy użyciu komputera z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem. Zaprezentowane rozwiązanie jest kosztowne, nieelastyczne i nie realizuje w pełni założeń bazujących na zdrowiu i samopoczuciu użytkownika układu.

Dlatego zgodnie z filozofią dobroczynnego wpływu właściwie dobranego oświetlenia we wnętrzu zrealizowano projekt sterowania oświetleniem przez sterownik swobodnie programowalny, dostosowany do potrzeb automatyki w rozwiązaniach domowych i przemysłowych. Dzięki zasobom sprzętowym umożliwia on integrację sterowania oświetleniem w istniejących lub powstających systemach inteligentnych budynków (BMS). Umożliwia współpracę z elementami interakcji z użytkownikiem, jak wyłączniki, przyciski, zadajniki analogowe. Zasób wyjść sterownika umożliwia bezpośrednie lub pośrednie sterowanie źródłami światła. Bezpośrednio za pomocą wyjść przekaźnikowych, a pośrednio przez regulatory lub moduł komunikacyjny. Sterownik może pracować w sieci protokołu BACnet, jak również autonomicznie. Realizowany algorytm pracy urządzenia jest intuicyjny i prosty w obsłudze dla użytkownika końcowego. Intuicyjność i łatwość konfiguracji panelu konfiguracyjnego i użytkowego PLC jest odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku.

Detekcja stanów elementów nastawnych odbywa się przez pomiar rezystancji lub czasu, lub ilości impulsów, lub stanu logicznego, lub kombinacji tych parametrów. Identyfikacja elementu sterującego, np. przełącznika, dokonywana jest przez pomiar rezystancji, natomiast rozróżnienie komendy sterującej przez pomiar czasu zmiany rezystancji lub ilość zmian rezystancji w danym przedziale czasowym (np.: kilkukrotne naciśnięcie przycisku). Dzięki temu możliwa jest budowa sieci nastawników z wykorzystaniem standardowych nieinteligentnych elementów, takich jak m.in. wyłączniki, potencjometry, przyciski monostabilne.

Aplikacja sterownika swobodnie programowalnego PLC znajduje zastosowanie w sterowaniu oświetleniem w małych i średnich mieszkaniach (wg Głównego Urzędu Statystycznego). Przeciętne mieszkanie małżeństwa z 1 dzieckiem to 73 m<sup>2</sup> [4]. Zgodnie z zestawieniem (tabela 1) dla mieszkania poniżej 73 m<sup>2</sup> oraz zestawieniem dla mieszkania o powierzchni około 73–100 m<sup>2</sup> (tabela 2) kompletne wyposażenie mieszkania pod kątem systemu oświetlenia zależne jest od ilości pomieszczeń zaaranżowanych. Opracowanie zakłada: sterowanie gniazd w cyklu załącz – wyłącz, sterowanie lamp (zaciemnianie/rozjaśnianie) oraz elementy ze stykiem przełącznym (włączniki). Dodatkowo sterownik PLC posiada rezerwę wyjść cyfrowych



**Rys. 3.** Schemat rozwiązania połączenia sieci nastawników z wejściami sterownika swobodnie programowalnego PLC do zastosowań oświetleniowych. Rysunek przedstawia rozwiązanie połączenia sieci nastawników z wejściami sterownika. Możliwe jest tworzenie wielu sieci zakończonych pojedynczym wyjściem dwuprzewodowym połączonym ze sterownikiem. Każdy z elementów sieci, który ma wyjście lub wyjścia dyskretne, musi być sparametryzowany rezystancją. Element o wyjściu rezystancyjnym bądź napięciowym, lub prądowym może być podłączony bezpośrednio do sterownika, lecz elementy takie nie mogą pracować równolegle. Dzięki możliwości współpracy sterownika z czujnikami natężenia światła, czujnikami ruchu i/lub innymi czujnikami możliwe jest inteligentne sterowanie natężeniem światła, polegające na uzależnieniu jego wartości od czynników zewnętrznych. Do współpracy z tego typu elementami wykorzystywane są cyfrowe linie komunikacyjne bądź wejścia analogowe lub dyskretne

na ewentualną rozbudowę funkcjonalności, wejść 0–10 V DC oraz wejść czujników temperatury na ewentualną rozbudowę funkcjonalności. Konfiguracja sterownika zgodnie z założeniami jest intuicyjna. Ilość przełączników oraz wybór funkcjonalności (gniazdo, lampa) jest konfigurowalne. Funkcja lampy zakłada dodatkową opcję regulacji natężenia światła i reakcję na czujnik ruchu. Zgodnie z założeniami projektu układ oświetleniowy zawierać będzie jeden sterownik, dla powierzchni poniżej 73 m<sup>2</sup>, a przy rozbudowie funkcji wejść i wyjść należy zastosować kolejny sterownik.

Wdrożenie zaprojektowanego sterowania oświetleniem przynosi szereg korzyści. Przede wszystkim opracowane rozwiązanie pozwala na wykorzystanie standardowych, nieinteligentnych elementów interfejsu użytkownika oraz minimalizuje ilość okablowania potrzebną do uruchomienia układu. Dodatkowo proponowane sterowanie oświetleniem umożliwia płynną regulację strumienia świetlnego źródeł fluorescencyjnych w zakresie od 3% do 100% oraz źródeł żarowych od 0,1% do 100%, bieżące dokonywanie zmian w konfiguracji systemu oraz oszczędności w zużyciu energii elektrycznej sięgające nawet 50% w stosunku do klasycznych systemów oświetleniowych.

**Tabela 1.** Zestawienie wymaganych wejść i wyjść układu oświetleniowego dedykowanego do mieszkania o powierzchni poniżej 73 m<sup>2</sup>

Pomieszczenie	Włącznik światła	Gniazdo	Lampa
Salon	1	3	1
Pokój 1	1	3	1
Łazienka	1	2	1
Kuchnia	1	3	1
<b>Razem</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>4</b>

**Tabela 2.** Zestawienie wymaganych wejść i wyjść układu oświetleniowego dedykowanego do mieszkania o powierzchni około 73–100 m<sup>2</sup>

Pomieszczenie	Włącznik światła	Gniazdo	Lampa
Korytarz	1	1	1
Salon	1	3	1
Pokój 1	1	3	1
Pokój 2	1	3	1
Łazienka	1	2	1
Kuchnia	1	3	1
<b>Razem</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>6</b>

Sterowanie oświetleniem przez swobodnie programowalny sterownik PLC do celów oświetleniowych udostępnia również bieżące informacje o stanie pracy urządzenia oświetleniowego, do których należą informacje o emisji strumienia świetlnego poszczególnych opraw oświetleniowych w wymiarze procentowym oraz dane o uszkodzeniu lub wadliwej pracy opraw. Szereg usprawnień, korzystna cena montażu i użytkowania oraz wysoka niezawodność świadczą o innowacyjności i wysokiej jakości opracowanego systemu.

## 2.4. Sterowanie ogrzewaniem

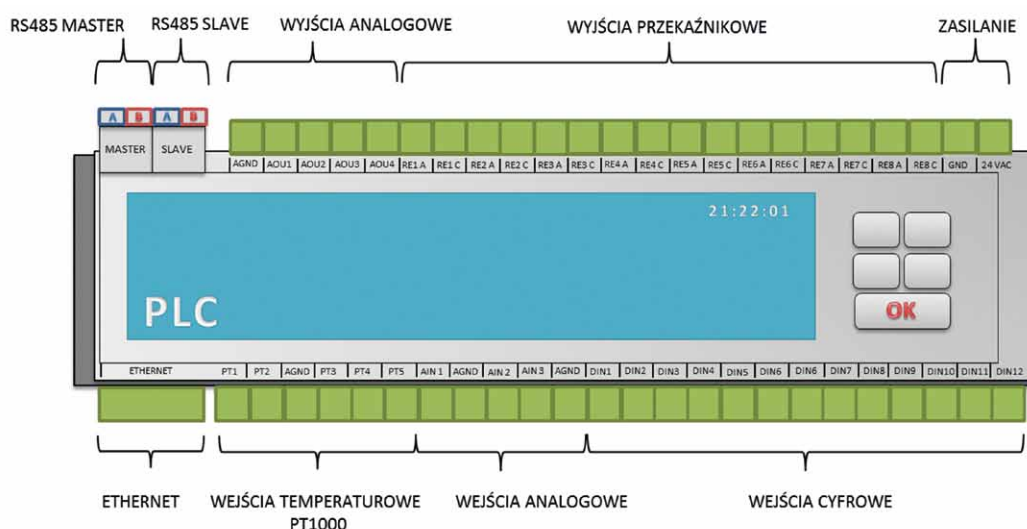
Szereg badań i prób laboratoryjnych doprowadził do opracowania rozwiązania charakteryzującego się uniwersalnością zastosowań, łatwością obsługi oraz programowania. Zaprojektowano szereg innowacyjnych bloków sterujących, które umożliwiają implementację i kontrolę algorytmu sterowania sterownika PLC do zastosowań ciepłowniczych w graficznym środowisku programistycznym MacroControl.

Termostaty dostępne na rynku są dedykowane i posiadają jedynie pojedynczy sposób sterowania – sterowanie płynne lub regulację ON/OFF. Tego typu urządzenia nie są uniwersalne i swobodnie programowalne, dlatego podjęto się opracowania sterownika PLC działającego w trybie termostatycznym, o dychotomicznym sposobie sterowania sygnałem. Tego typu rozwiązanie jest zjawiskiem unikatowym na rynku klimatyzacyjno-wentylacyjnym, z uwagi na szerokie spektrum zastosowania.

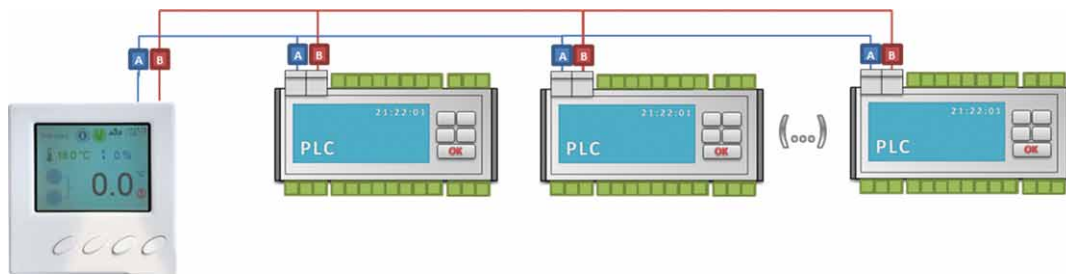
Zaprojektowany termostat posiada jednocześnie dwie możliwości regulacji sygnału: sterowanie płynne oraz regulację ON/OFF. Dodatkowo termostat posiada funkcję sterowania falownikiem po komunikacji w protokole Modbus RS485. Urządzenie współpracuje ze wszystkimi falownikami, które posiadają Modbus RS485, m.in. LG IC5, LG IG5, Danfoss FC51 i innymi. Sterownik PLC posiada również, zgodnie z założeniami projektowymi, możliwość swobodnego programowania algorytmu sterowania urządzenia.

## 2.5. Elementy interfejsu użytkownika

Sterowniki swobodnie programowalne działające w sieci protokołu BACnet stanowią niezbędny element logiczny w systemach regulacji klimatyzacji, wentylacji, oświetlenia, ciepłownictwa, w systemach przeciwpożarowych i innych. Niemniej jednak równie istotnym elementem takich układów są elementy interfejsu użytkownika, zapewniające ergonomiczne użytkowanie układów, które bywają zlokalizowane w trudno



**Rys. 4.** Schemat wejść i wyjść oraz portów komunikacyjnych w sterowniku PLC zaprojektowanym do zastosowań nowoczesnych systemów oświetleniowych



Rys. 5. Funkcjonalność HMI Multi. Schemat podłączenia HMI dla pracy w sieci BACnet lub Modbus z wieloma sterownikami PLC w trybie termostatycznym

dostępnych lokalizacjach. Panele sterujące wraz z szafami zasilająco-sterującymi, sterownikami PLC z algorytmem zgodnym ze specyfiką układu oraz opcjonalnym systemem zarządzania budynkiem (BMS) stanowią kompleksowe rozwiązanie monitorujące i sterujące automatyką budynkową, zarówno w wymiarze przemysłowym, jak i zabudowy jedno-/wielorodzinnej. Układy automatyki bez elementów interfejsu operatorskiego nie są kompletne. Elementy interfejsu użytkownika, z uwagi na trudno dostępną lokalizację układów automatyki, obligatoryjnie posiadają panel obsługi/zadajnik. Szereg paneli operatorskich dzielimy na nastawniki ręczne, automatyczne – tekstowo, automatyczne – graficzne oraz systemy BMS. Panele operatorskie dostępne na rynku automatyki wykazują się szeregiem ograniczeń. Rozwiązania proste i korzystne ekonomicznie mają ograniczenia sprzętowe, m.in. niską tolerancję odległego montażu urządzenia od sterownika, niewystarczającą ilość wyświetlanych stron (ograniczenie pamięci). Natomiast panele operatorskie z większą ilością stron wymagają dużego nakładu pracy programisty, co wydłuża czas ich programowania. Panele, które obsługują zbiorczo kilka systemów, są również programistycznie złożone, co znacząco podnosi koszty programowania i wydłuża czas realizacji zlecenia.

Z uwagi na fakt braku obecności satysfakcjonującego rozwiązania na rynku automatyki zaprojektowano panel HMI (ang. *Human-Machine Interface*) charakteryzujący się dużą ilością stron przy nieskomplikowanym procesie programowania, komunikacją ze sterownikiem PLC w protokole Modbus RS485 lub BACnet MS-TP (możliwość instalacji zadajnika do 1200 m od sterownika PLC, zgodnie ze standardem Modbus RS485) oraz innowacyjną funkcjonalnością HMI Multi, która pozwala zastosować 1 panel do kilku systemów automatyki budynkowej. Dodatkowo uruchomienie funkcjonalności HMI Multi jest szybkie i nieskomplikowane, co skutkuje redukcją kosztów wdrożeniowych rozwiązania.

Tryb pracy HMI Multi wymaga konfiguracji MULTI-DEVICE Settings, która polega na dodaniu urządzeń, z listy wykrytych w sieci, które mają być obsługiwane przez jeden HMI. Gdy HMI zostanie skonfigurowany do pracy z wieloma PLC, to wszystkie sterowniki z listy otrzymują informacje o pomiarze z wbudowanego czujnika temperatury. Również w wszystkich sterownikach z listy pobierany jest status alarmowy. Menu i / lub pierwsze strony wyświetlane są tylko dla aktualnie wybranego

sterownika z listy. Panel HMI w sieci BACnet udostępnia obiekt AI-0 pod nazwą DS. Jest to aktualny pomiar z wbudowanego czujnika temperatury.

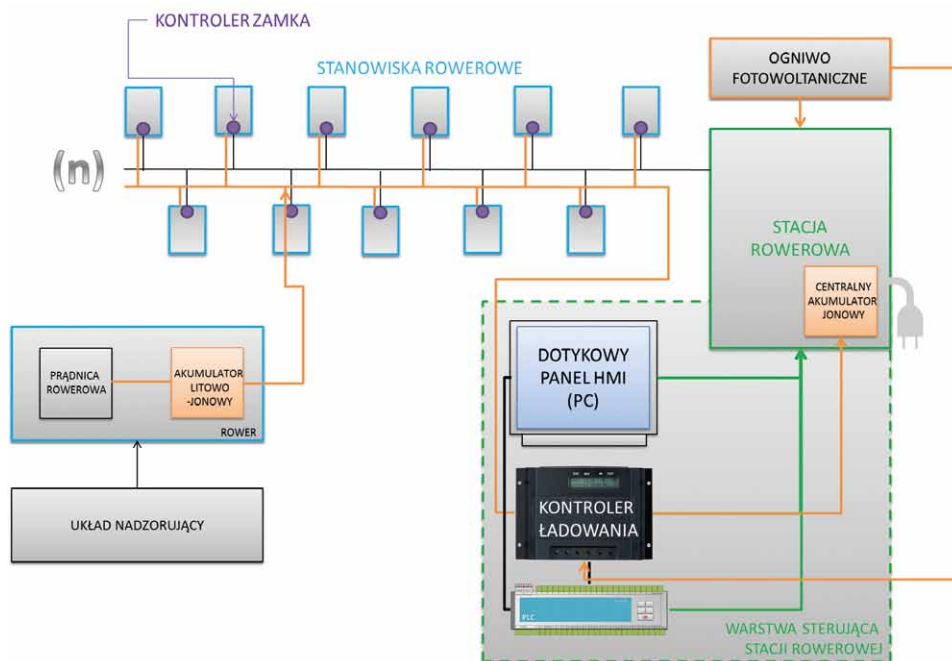
Kompleksowe układy sterowania automatyką znalazły również zastosowanie w opracowanej samoobsługowej wypożyczalni rowerów opartej na swobodnie programowalnych sterownikach PLC. Rozwiązanie zawiera przyjazny środowisku system odzyskiwania i zarządzania energią solarną.

## 2.6. Sterowanie samoobsługową wypożyczalnią rowerów

Z uwagi na postępujące zanieczyszczenie środowiska naturalnego, związane m.in. z transportem, oraz brak możliwości płynnego poruszania się po mieście w godzinach szczytu wraz z ograniczoną ilością miejsc parkingowych na popularności zyskują wypożyczalnie rowerów miejskich. Rozwiązania dostępne na rynku wypożyczalni rowerów, składające się z wielu urządzeń, stanowią układ rozproszony, którego niezawodność jest zależna od poprawności komunikacji. Firma EL-Piast opracowała system wypożyczalni rowerów (SWR) oparty na składowych (rys. 6), w których skład wchodzi komputer panelowy klasy PC, sterownik programowalny EL-Piast dowolnego typu, posiadający Ethernet oraz łącze komunikacyjne RS485 Slave oraz sterownik dedykowany obsługujący zamek i odczytujący kod RFID z łączem RS485 Master.

Wytypowany komputer PC, przykładowo CP-1251T, musi charakteryzować się obniżonym poborem mocy, posiadać systemem Microsoft Windows 7 oraz klasę szczelności IP66. Komputer standardowo wyposażony musi być w dwa porty USB oraz dwa porty Ethernet RJ-45. W celu połączenia urządzenia do globalnej sieci Internet wykorzystano standardowy modem GSM 3G firmy Huawei z zewnętrzną anteną podłączany poprzez port USB.

Sterownik główny w systemach wypożyczalni rowerów umożliwia podłączenie podrzędnych urządzeń oraz nadrzędnego systemu za pomocą złącza Ethernet i protokołów BACnet/IP, Modbus TCP/UDP lub http. Sterownik steruje i monitoruje działanie układu zgodnie z algorytmem sterowania opracowanym w graficznym środowisku programistycznym MacroControl. Zaprojektowana aplikacja pozwala na odczytywanie stanu każdego ze sterowników zamków. Cyklicznie w odstępach kilkusekundowych algorytm odczytuje stan każdego zamka



**Rys. 6.** Schemat działania innowacyjnej samoobsługowej wypożyczalni rowerów miejskich z systemem pozyskiwania i magazynowania energii elektrycznej z alternatywnych źródeł (energia słoneczna, energia mechaniczna)

zawierający kod RFID, informację o zamknięciu oraz czy nie występuje błąd komunikacji z zamkiem. Zastosowanie sprawdzonego, bezawaryjnego sterownika firmy EL-Piast zapewnia stabilną pracę całego układu. Duże możliwości sterownika oraz rozbudowany system powiadomień, logów i narzędzi serwisowych ułatwia pracę z urządzeniem. W celach konserwacyjnych rowerów umożliwiono dostęp z poziomu komputera PC do wybranego zamka, poprzez przesłanie komendy otwarcia uruchamiającej zwalniacz elektromagnetyczny zamka, uwalniający rower. Oprócz funkcjonalności niezbędnych na potrzeby systemu SWR, sterownik udostępnia np. panel HMI poprzez przeglądarkę internetową, co umożliwiła szybką diagnozę ewentualnych usterek stacji rowerowej w trybie serwisowym zdalnie lub na miejscu. Do sterownika można podłączyć również standardowe HMI firmy EL-Piast. Innym sposobem dostępu serwisowego do sterownika jest protokół BACnet/IP lub Modbus TCP. Oba te protokoły są oprogramowane w sterowniku i można je stosować zarówno w dostępie zdalnym z dowolnego miejsca, jak i lokalnym z poziomu komputera panelowego PC.

Sterowniki dodatkowe PLC LOCK zaprojektowano do indywidualnej obsługi pojedynczego zamka stacji rowerowej. Sterownik wyposażony został w wyjście zwalniające rygiel elektromagnetyczny zamka, czytnik kodu RFID, dwa wejścia cyfrowe do odczytu stanu przełączników krańcowych zamka, wyjście sterujące sygnalizatorem dźwiękowym (Buzzer), port komunikacyjny RS485, wielowłtkowy system operacyjny zoptymalizowany pod kątem minimalnego wykorzystywania pamięci operacyjnej procesora, pamięć EEPROM, protokoły Modbus, BACnet, własne do komunikacji z HMI oraz z PC. Sterownik wykonano według podobnych rozwiązań dedykowanych sterowników, bazując na platformie przygotowanej dla

procesorów ARM STM32. Do odczytu kodu RFID zastosowano czytnik ze zintegrowaną anteną ID-20LA.

Tryb pracy panelu dotykowego, którym jest komputer PC o wysokiej szczelności (IP66), w trybie Kiosk oraz zdalny dostęp w każdym momencie pracy urządzenia pozwala na szybką zdalną diagnostykę stanu pracy układu oraz zapewnia bezpieczeństwo i łatwość użytkownika systemu wypożyczalni rowerów również z poziomu użytkownika. Energia elektryczna pozyskiwana z ogniw fotowoltaicznych oraz prądnic rowerowych magazynowana jest w głównym akumulatorze jonowo-litowym, który znajduje się w module stacji rowerowej i pozwala na pracę wszystkich zintegrowanych urządzeń. Dodatkowo, z uwagi na rozmieszczenie stacji rowerowych w bardziej zacienionych lokalizacjach lub o niewielkiej ilości energii gromadzonej przez prądnice rowerowe, istnieje dodatkowe źródło zasilania z sieci, które zapewnia ciągłość prac systemu nawet w niekorzystnych warunkach.

### 3. Podsumowanie

Dynamicznie postępująca urbanizacja, rosnący popyt na kompleksowe i niezawodne rozwiązania oraz restrykcyjne normy dotyczące systemów przeciwpożarowych [4, 5] silnie oddziałują na rynek produkcyjny oraz instancyjny systemów automatyki i sterowania. Opracowane swobodnie programowalne sterowniki o kompaktowej budowie, pracujące w sieci protokołu BACnet, zarządzają systemami m.in. z branż: wentylacja-klimatyzacja, ciepłownictwo, systemy przeciwpożarowe, układy oświetleniowe, wypożyczalnie rowerów. Urządzenia sterujące są rozwiązaniem innowacyjnym, niezawodnym, o nieskomplikowanym procesie konfiguracji i montażu. Sterowniki PLC zarządzające systemami mogą być instalowane w budynkach powstających oraz modernizowanych, w których występuje



automatyka innych producentów (warunkiem koniecznym jest wbudowany protokół komunikacyjny BACnet). Optymalne algorytmy sterowania, w które wyposażone są sterowniki PLC, mogą zostać przeprojektowane zgodnie z potrzebami Klienta. Graficzne środowisko programistyczne umożliwia szybkie i efektywne oprogramowanie wdrażanych rozwiązań. Dodatkowo, w celu zwiększenia intuicyjności i prostoty obsługi, każde z omawianych rozwiązań wyposażone jest w elementy interfejsu użytkownika, które ułatwiają interakcję użytkownika z układem oraz umożliwiają dostęp do warstwy konfiguracyjnej. Poza wspomnianymi panelami HMI kompleksowość rozwiązań możliwa jest do zrealizowania poprzez opracowane szafy sterująco-zasilające oraz swobodnie programowalne termostaty stanowiące rozwiązanie niedostępne dotąd na rynku. W aspekcie sterowania oświetleniem, zarządzanie i monitoring systemem oświetlenia w automatyce budynkowej oparte są o sterownik swobodnie programowalny PLC, dedykowany do średniego i mniejszego metrażu, charakteryzuje się niskim kosztem montażu i wdrożenia, nieskomplikowaną konfiguracją, stabilnością (podłączenie łączników i elementów wykonawczych bez połączeń przewodowych) oraz łatwą rozbudową. Detekcja stanów elementów nastawnych odbywa się przez pomiar rezystancji/czasu/ilości impulsów lub stanu logicznego bądź kombinacji tych parametrów. Elementy interfejsu użytkownika można łączyć w sieci protokołu BACnet, parametryzując je rezystancyjnie. W przypadku konieczności rekonfiguracji systemu nie ma przeszkód do zastosowania dodatkowych rozproszonych modułów wejść lub/i wyjść. System może być wysterowany z poziomu przeglądarki internetowej bądź z maksymalnie 15 zadajników operatorskich (HMI). System zarządzania oświetleniem oparty o sterownik PLC umożliwia rozbudowę również o czujniki zewnętrzne oraz pozwala na sterowanie natężeniem światła. Kwestie bezpieczeństwa przeciwpożarowego wspomagane są przez wsparcie zainstalowanych Systemów Sygnalizacji Pożarów (SSP) w wykonywaniu algorytmów sterujących. Proponowane rozwiązanie, oparte o innowacyjną topologię pierścieniową, cechuje się brakiem jednostki nadzorczej, podwójnym interfejsem sieciowym w każdym ze sterowników PLC, połączeniem sieci między sterownikami odrębnymi, niezależnymi połączeniami elektrycznymi, dwukierunkowym transportem danych w sieci pierścieniowej oraz niezawodnością nawet w przypadku, gdy element PLC ulegnie uszkodzeniu. Wspieranie systemów SSP poprzez wysoką niezawodność oraz bezpieczeństwo znajdują szerokie zastosowanie w systemach ochrony przeciwpożarowej, szczególnie w systemach oddymiania.

#### 4. Finansowanie

Przedmiotem i jednocześnie głównym celem projektu było przeprowadzenie prac badawczych w celu opracowania ośmiu nowych produktów:


- sterownika PLC przeznaczonego do układów ciepłownictwa;
- sterownika PLC przeznaczonego do układów klimatyzacyjno-wentylacyjnych;
- sterownika PLC przeznaczonego do układów przeciwpożarowych;
- sterownika PLC przeznaczonego do układów oświetlenia;

- samoobsługowej wypożyczalni rowerów;
- szaf zasilająco-sterujących przeznaczonych do układów klimatyzacji, chłodnictwa i wentylacji;
- linii zadajników dla sterowników PLC;
- termostatu.

Projekt, w ramach którego zrealizowano badania oraz opracowano omówione rozwiązania: „Przeprowadzenie badań nad opracowaniem innowacyjnych produktów w zakresie automatyki, elektroniki i sterowania”, był współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007–2013, Działanie 1.4 Wsparcie projektów celowych.

#### Literatura

- [1] LEACH T.: *Implementing a BACnet Network*, „ASHRAE Journal”, 3(59)/2017 s. 40–48.
- [2] MIKULIK J.: *Budynki inteligentne. Tom II. Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [3] LEWY A.J., WEHR T.A., GOODWIN F.K., NEWSOME D.A., MARKEY S.P.: *Light suppresses melatonin secretion in humans*, Science Vol. 210, Wydanie 4475, s. 1267–1269.
- [4] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z dnia 22 czerwca 2010 r.).
- [5] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG.

 mgr inż. Karol Wdowikowski – Dział Rozwoju Elektroniki i Oprogramowania firmy EL-Piast Sp. z o.o.,  
e-mail: karol.w@el-piast.com;

mgr Ryszard Dworzecki – Działu Konstrukcji i Rozwoju firmy EL-Piast Sp. z o.o.,  
e-mail: ryszard.d@el-piast.com;

mgr inż. Tomasz Simiński – Dział Automatyki i Sterowania



Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



 **EL-PIAST**

EL-Piast Sp. z o.o.  
ul. Marszałka Józefa Piłsudskiego 74  
50-020 Wrocław  
fax 71-343 37 19  
www.el-piast.com