

Rafał NOWAK*, Aleksandra PIETRASZ*, Grzegorz TRZMIEL*

STEROWANIE I WIZUALIZACJA W INSTALACJACH BUDYNKU INTELIGENTNEGO

W pracy odniesiono się do przedstawienia projektu systemu sterowania komfortem i bezpieczeństwem w budynku oraz wizualizacji systemów współpracujących w ramach tego układu. We wstępie przedstawiono definicję budynku inteligentnego oraz opis sterowników PLC i oprogramowania typu SCADA. W dalszej części zaprezentowane zostały założenia projektowe wraz z opisem działania zaprojektowanego układu. Opisane zostały również opracowane algorytmy sterowania procesami, program sterownika, a także stworzona wizualizacja. Praca zwieńczona została podsumowaniem.

SŁOWA KLUCZOWE: budynek inteligentny, sterowanie, wizualizacja.

1. WSTĘP

1.1. Budynek inteligentny

Określenie „budynek inteligentny” po raz pierwszy pojawiło się w latach 80. XX wieku w USA i przyczyniło się do określenia nowych wymogów wyposażenia budynków w infrastrukturę techniczną. Mianem budynku inteligentnego określa się obiekt, którego zintegrowane systemy zapewniają maksymalną wydajność jego funkcjonowania oraz komfort i bezpieczeństwo użytkowników, przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów eksploatacyjnych dzięki maksymalnemu wykorzystaniu dostępnych zasobów [3, 10, 11, 13, 14, 17, 18, 19].

1.2. Sterowniki PLC

Sterowniki PLC (ang. *Programmable Logic Controllers*) to mikroprocesorowe układy wykorzystywane w sterowaniu procesami i elementami wykonawczymi w systemach automatyki. Ich uniwersalność, przez którą rozumiana jest możliwość dopasowania do dowolnego układu sterowania poprzez stworzenie odpowiedniego algorytmu i programu użytkownika, przelożyła się na ich stale rosnącą popularność [1, 2, 4, 5, 7, 8, 9].

* Politechnika Poznańska

1.3. Systemy wizualizacji SCADA

Centralnym zarządzaniem najczęściej określa się możliwość monitorowania i kontroli pracy danego systemu z pozycji jednego stanowiska, która do czasu wprowadzenia interfejsów HMI (ang. *Human Machine Interface*) była realizowana dzięki wykorzystaniu tablic synoptycznych. Oprogramowanie, które prócz funkcjonalności nadrzędnego sterowania, oferuje także możliwość przetwarzania danych w czasie rzeczywistym określane jest jako SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*). W hierarchii systemów sterowania systemy SCADA stanowią warstwę sterowania nadrzędnego, która od elementów pomiarowych i wykonawczych oddzielona jest poprzez warstwę sterowania bezpośredniego, którą najczęściej stanowią sterowniki PLC. Wizualizacja tworzona w tego typu oprogramowaniu polega na połączeniu obiektów graficznych przedstawianych na ekranach synoptycznych z wcześniej zdefiniowanym zestawem zmiennych, dzięki czemu interpretacja stanów elementów sterowanego układu automatyki jest uproszczona, a dane można zbierać i analizować [1, 5, 6, 7, 8].

2. PROJEKT UKŁADU STEROWANIA I WIZUALIZACJI

2.1. Założenia projektowe

Projektowany system ma za zadanie zapewnić komfort i zadbać o bezpieczeństwo użytkowników budynku mieszkalnego usytuowanego na osiedlu domków jednorodzinnych, wyposażonego w rolety antywłamaniowe oraz system ogrzewania i chłodzenia powierzchniowego. Układ opiera się o współpracę systemu sterowania komfortem zrealizowanym z wykorzystaniem sterownika PLC z układem alarmowym. Wizualizacja działania automatyki przedstawiona jest z wykorzystaniem oprogramowania typu SCADA [15, 16].

Układ zarządzający komfortem działa w oparciu o sterowanie oświetleniem, ogrzewaniem, chłodzeniem i roletami antywłamaniowymi [16].

Sterowanie oświetleniem odbywa się dzięki wykorzystaniu czujników obecności, natężenia oświetlenia oraz przycisków zainstalowanych w pomieszczeniach [16].

System ogrzewania powierzchniowego wykorzystuje węzownice z gorącą wodą zainstalowane w podłogach i ścianach pomieszczeń: wszystkich pokojach, kuchni i łazienkach. Układ chłodzenia wykorzystuje węzownice z zimną wodą zainstalowane w sufitach w pokojach i kuchni. Praca obu systemów i w poszczególnych pomieszczeniach jest od siebie niezależna, uzależniona jest od wartości nastaw i aktualnych temperatur oraz trybów pracy [16].

Układ sterowania roletami swoje działanie opiera o sygnały pochodzące z przycisków, systemu alarmowego, a także z czujników temperatur wewnętrz-

nych i zewnętrznej, deszczu, aktualnego położenia rolety i godziny pochodzącej z zegara czasu rzeczywistego [15, 16].

W przypadku wszystkich podsystemów sterowania komfortem możliwe jest sterowanie nadrzędne z wykorzystaniem oprogramowania SCADA [15, 16].

System sygnalizacji włamania i napadu funkcjonuje dzięki wykorzystaniu czujek ruchu umieszczonych na terenie chronionego obiektu i ochrony obwodowej zrealizowanej poprzez instalację kontaktronów oknach, drzwiach, furcie i bramie wjazdowej [15].

Zadanie układu sygnalizacji pożarowej, którym jest możliwie najwcześniejsze wykrycie pożaru, zanim pojawi się płomień, pociąga za sobą konieczność wykorzystania czujek dymu, zamontowanych w pomieszczeniach o zwiększonym ryzyku wystąpienia pożaru (piwnica – kocioł gazowy, kuchnia, salon – kominek), a także w korytarzu na parterze i poddaszu [15].

Funkcjonalność systemu alarmowego rozszerzona została dzięki instalacji dodatkowych czujek czadu, gazu ziemnego i zalania. Miejscem montażu czujek dodatkowych są odpowiednio [15]:

- czujki czadu – piwnica, kuchnia, salon,
- czujki gazu ziemnego – piwnica, kuchnia,
- czujki zalania – piwnica, kuchnia i obie łazienki.

W celu poprawnego doboru elementów składowych systemu alarmowego należy w oparciu o informacje dotyczące obiektu przeprowadzić analizę zagrożeń takich jak: działania użytkowników (umyślne i nieumyślne), włamanie i sabotaż lub pożar. Budynek wraz z ogrodem znajduje się na osiedlu domków jednorodzinnych w sąsiedztwie oświetlonej drogi, co przekłada się na przynależność do grupy obiektów o niskim ryzyku szkód, a więc projektowany układ alarmowy powinien posiadać klasę SA1 (obiekty o małym ryzyku szkód, budynki mieszkalne położone daleko od tras natężonego ruchu ulicznego, domki jedno- i wielorodzinne), natomiast składowe urządzenia klasę B (standardowa) [12, 14, 15, 19].

2.2. Działanie układu

W pokojach załączenie oświetlenia uzależnione jest od stanu przycisku trójpozycyjnego – dzięki jego wykorzystaniu możliwe jest stałe włączenie lub wyłączenie oświetlenia, natomiast w pozycji neutralnej załączenie oświetlenia uzależnione jest od sygnałów z czujników obecności i natężenia oświetlenia. W pozostałych pomieszczeniach przycisk trójpozycyjny został zastąpiony przez monostabilny (chwilowe załączenie oświetlenia), natomiast w łazienkach i na korytarzach pominięte zostało kryterium związane z natężeniem oświetlenia. Naruszenie stref chronionych przez system alarmowy powoduje załączenie oświetlenia w całym budynku [15, 16].

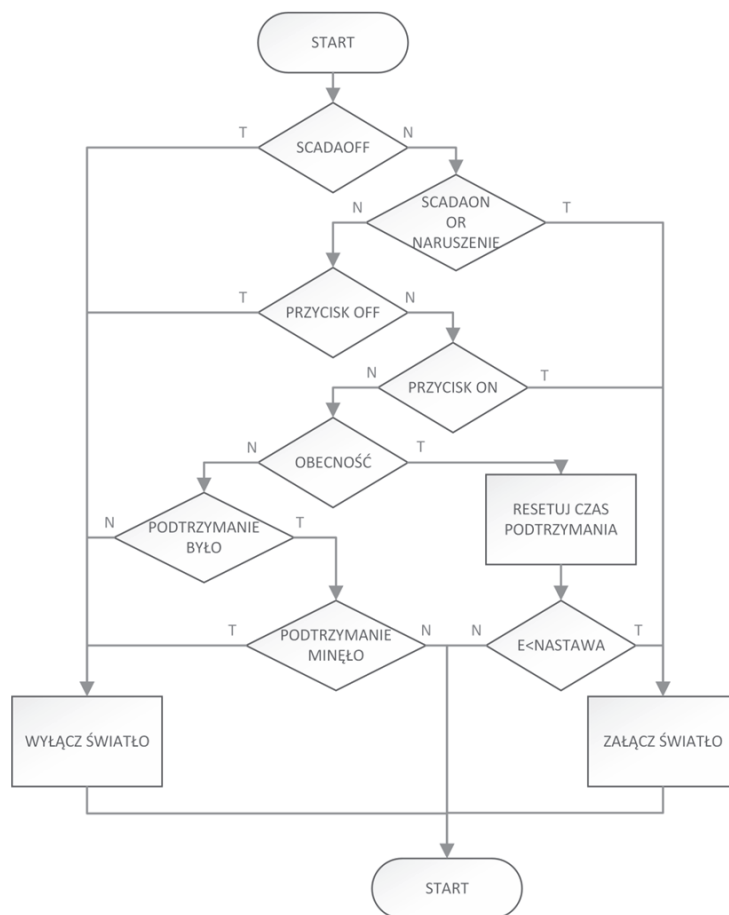
Na rysunku 1 przedstawiony został algorytm sterowania oświetleniem w pokojach. Jeśli w wizualizacji nie wymuszono stanu oświetlenia i nie wystąpiła sygnalizacja włamania to sprawdzony zostaje stan fizycznego przycisku. W przypadku, gdy przycisk znajduje się w pozycji neutralnej (nie został spełniony żaden warunek związany z bieżącą pozycją przycisku), to kolejnym sprawdzanym sygnałem jest stan na wejściu sterownika, do którego podłączony jest czujnik obecności – stan wysoki powoduje zresetowanie czasu podtrzymania i dalej porównanie bieżącego natężenia oświetlenia padającego od strony okna z zadeklarowaną nastawą, w przeciwnym przypadku, gdy oświetlenie było załączone, sprawdzony zostaje stan licznika odpowiedzialnego za podtrzymanie załączenia oświetlenia [16].

Algorytm sterowania oświetleniem w kuchni jest bardzo podobny do przedstawionego na rysunku 1, bloki decyzyjne odpowiedzialne za przycisk trójpozycyjny zostały zastąpione jednym, z którego następuje przejście do bloku operacyjnego *Załącz światło* lub bloku decyzyjnego związanego z obecnością w pomieszczeniu. Natomiast w przypadku algorytmów sterowania oświetleniem w korytarzach i łazienkach pominięto dodatkowo blok decyzyjny, w którym następowało porównanie bieżącego natężenia oświetlenia ze zdefiniowaną nastawą [16].

W systemie sterowania temperaturą (ogrzewania i chłodzenia) występuje kilka trybów pracy [16]:

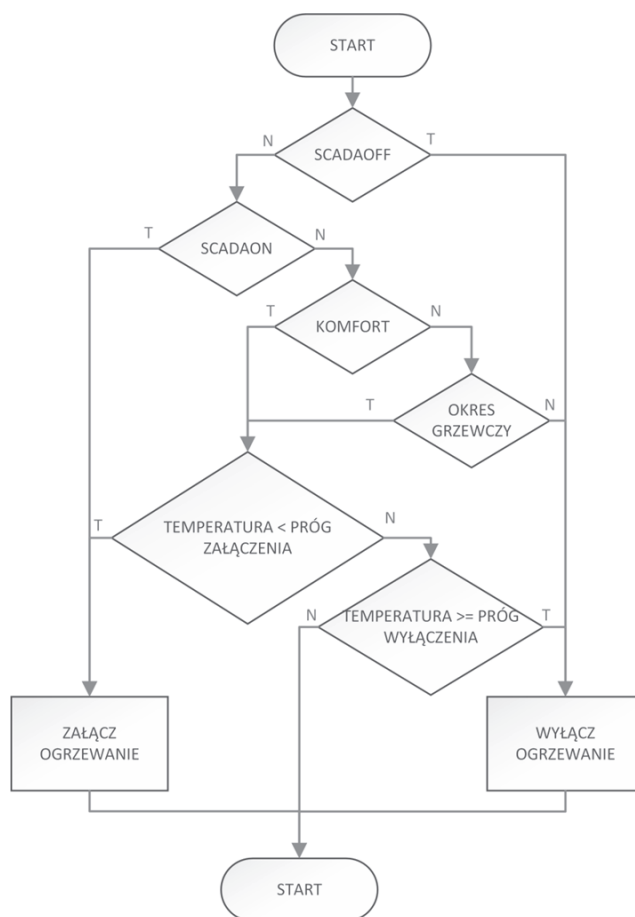
- komfortowy – brane są pod uwagę tylko i wyłącznie wartości nastaw i rzeczywistych temperatur dla danego pomieszczenia,
- oszczędzanie energii – dodatkowym warunkiem dla załączenia ogrzewania lub chłodzenia jest załączenie (lub nie) okresu grzewczego,
- sterowanie nadrzędne – wymuszenie załączenia obwodów ogrzewania lub chłodzenia z pozycji wizualizacji.

Na rysunku 2 przedstawiono algorytm dwustanowego sterowania ogrzewaniem. Załączenie lub wyłączenie ogrzewania następuje na skutek wymuszenia z pozycji wizualizacji. W przypadku pracy w trybie automatycznym (przejście do kolejnych bloków decyzyjnych) następuje sprawdzenie czy załączony jest tryb komfort – jeśli tak, to załączenie lub wyłączenie ogrzewania uzależnione jest od różnicy bieżącej temperatury i nastawy, jeśli nie, to następuje przejście do bloku decyzyjnego związanego z okresem grzewczym i dalej następuje przejście do kroku związanego z porównaniem temperatur lub wyłączenie ogrzewania [16].



Rys. 1. Algorytm załączania i wyłączania oświetlenia w pokojach [16]

Sterowanie ogrzewaniem i chłodzeniem z wykorzystaniem modulacji PWM odbywa się w oparciu o dwa algorytmy, jeden identyczny jak na rysunku 2 (następuje wówczas załączenie lub wyłączenie bloku PWM), natomiast wybór współczynnika wypełnienia odbywa się w oparciu o algorytm, w którym w kolejnych blokach decyzyjnych porównywane są różnice temperatur (nastaw i rzeczywistych). W sytuacji – gdy załączenie ogrzewania zostanie wymuszone z pozycji wizualizacji – następuje przepisanie do wartości współczynnika wypełnienia wartości określonej w wizualizacji, w przeciwnym przypadku współczynnik wypełnienia zdefiniowany zostaje na podstawie porównania w blokach decyzyjnych różnicy temperatur z określonymi wcześniej progami i dalej przypisanie określonej wartości współczynnika. Algorytmy sterowania układem chłodzenia są analogiczne do algorytmów sterowania ogrzewaniem [16].



Rys. 2. Algorytm dwustanowego sterowania ogrzewaniem [16]

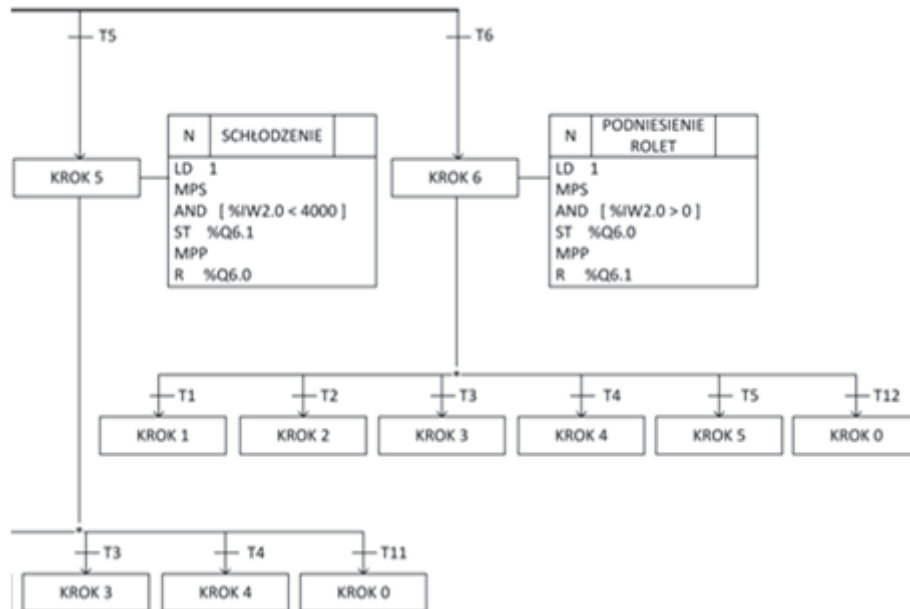
Układ sterowania roletami antywłamaniowymi działa w oparciu o program sterownika stworzony z wykorzystaniem grafu SFC, składającego się z kroków, w których wykonywane są akcje, oraz tranzycji, będącymi warunkami przejścia pomiędzy poszczególnymi krokami. W przedstawianym układzie występują grupy pomieszczeń mające identyczne algorytmy sterowania, w których zmieniają się tylko zmienne procesowe. Pierwsza z grup w układzie sterowania roletami obejmuje łazienkę i piwnicę, druga – pokoje na parterze i kuchnię, a trzecia – pokoje na poddaszu. Domyślnym stanem rolet jest ich całkowite otwarcie [16].

Rolety w piwnicy i łazience można całkowicie otworzyć lub zamknąć z pozycji wizualizacji lub pozostawić w trybie pracy automatycznej – nie ma możliwości sterowania nimi z pozycji przycisków fizycznych [16].

Rolety w pokojach na parterze i kuchni mogą zostać wysterowane z pozycji wizualizacji i przycisków fizycznych lub można pozostawić je w trybie pracy automatycznej. W przypadku sterowania z pozycji SCADY możliwe jest dowolne ustalenie poziomu rolety ze względu na zamontowanie linkowych czujników położenia. W trybie pracy automatycznej rolety zostają podniesione w godzinach 6-19 i w tym czasie mogą wspomóc system chłodzenia poprzez częściowe opuszczenie w przypadku gdy temperatury zewnętrzna i wewnętrzna są wyższe od odpowiadających nastaw. W godzinach nocnych (19-6), w trybie pracy automatycznej następuje opuszczenie rolet [16].

Sterowanie roletami na piętrze odbywa się w podobny sposób jak na parterze, z tą różnicą, że w trybie pracy automatycznej, przy zazbrojeniu układu alarmowego rolety zostają opuszczone w przypadku wystąpienia opadu atmosferycznego przy jednoczesnym otwarciu któregośkolwiek okna w pomieszczeniach na poddaszu. Wszystkie rolety zostają również wysterowane w przypadku wykrycia włamania – zostają opuszczone, lub w przypadku wystąpienia pożaru – zostają podniesione, przy czym pożar ma wyższy priorytet od włamania [15, 16].

Ze względu na ograniczenia wybranego sterownika zdecydowano się na zawarcie w poszczególnych krokach grafu SFC instrukcji w języku drabinkowym, które po przekonwertowaniu do języka IL zostały przedstawione na rysunku 3 [16].



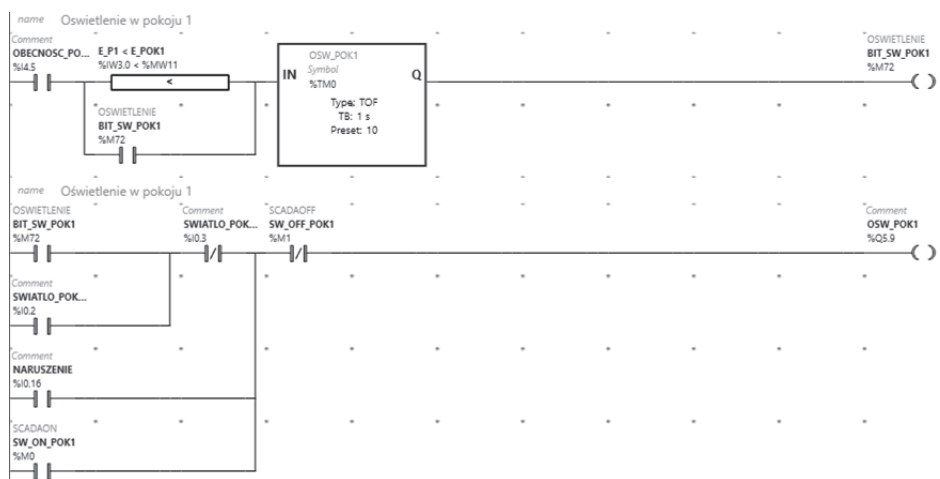
Rys. 3. Fragment algorytmu sterowania roletami przedstawiony w postaci grafu SFC [16]

System alarmowy sygnalizuje naruszenie stref lub wystąpienie pożaru poprzez uruchomienie zewnętrznego sygnalizatora optyczno-akustycznego i wewnętrznego sygnalizatora optycznego, jednocześnie przekazując do sterownika PLC odpowiednie sygnały, które powodują odpowiednio opuszczenie rolet i załączenie oświetlenia w całym budynku w przypadku wykrycia włamania, podniesienie rolet, odłączenie zasilania i zamknięcie elektrozaworu dopływu gazu, w przypadku wykrycia pożaru lub ulatniania się gazu (bez podnoszenia rolet), a także zamknięcie dopływu wody w przypadku zalania [15, 16].

W pierwszej jednostce programowej następuje inicjalizacja Grafsetu, przypisanie do zegara czasu rzeczywistego sterownika aktualnej daty i godziny pobranej z komputera oraz wystawienie odpowiednich flag kroków, będących wykonywanych w sterowaniu pracą rolet w łazienkach i w piwnicy. [16]

Druga jednostka POU przygotowana została na potrzeby zasymulowania pracy sterownika i zawiera w sobie przypisanie słowom pamięci ustalonych wartości [16].

W trzeciej jednostce zawarty został program sterowania oświetleniem, na której początku timerom, za pomocą których realizowane jest podtrzymanie oświetlenia, przypisane są nastawy opóźnień ze słów pamięci, które nadpisywane są przez oprogramowanie SCADA. W dalszej części jednostki zawarty został właściwy program sterowania, którego fragment przedstawiony został na rysunku 4 [16].



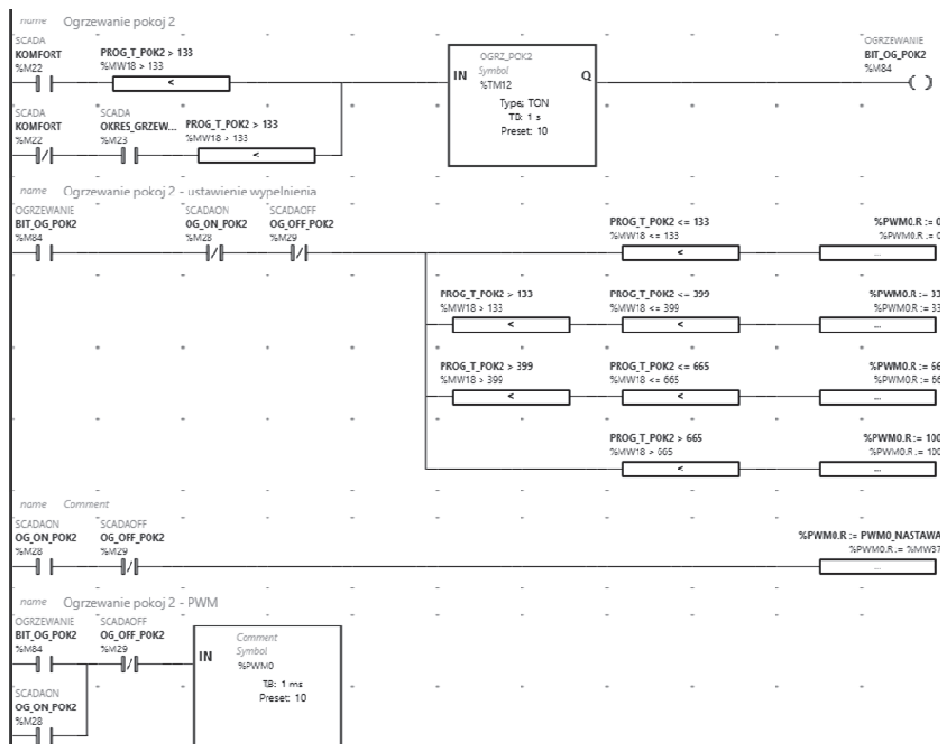
Rys. 4. Fragment programu sterowania oświetleniem [16]

Czwarta jednostka POU przeznaczona została na proces sterowania temperaturą. Na jej początku obliczane są różnice temperatur pomiędzy nastawami, któ-

re zmieniają się w zależności od stanu uzbrojenia systemu (automatyczna zmiana nastaw w celu oszczędzania energii), a temperaturą rzeczywistą [16].

Na rysunku 5 przedstawiono fragment odpowiedzialny za sterowanie ogrzewaniem w salonie z wykorzystaniem modulacji PWM. Po przekroczeniu progu temperatury następuje załączenie bloku PWM, a dalej przypisanie wartości współczynnika wypełnienia w zależności od różnicy temperatur lub w przypadku wymuszenia z pozycji SCADY – przypisanie wartości pobranej z oprogramowania wizualizacyjnego [16].

Kolejne jednostki programu sterownika należą do typu Grafset POU, które dają możliwość tworzenia graficznych schematów blokowych, ze względu na fakt wykorzystania w sterowaniu roletami grafu SFC [16].



Rys. 5. Fragment programu sterowania ogrzewaniem [16]

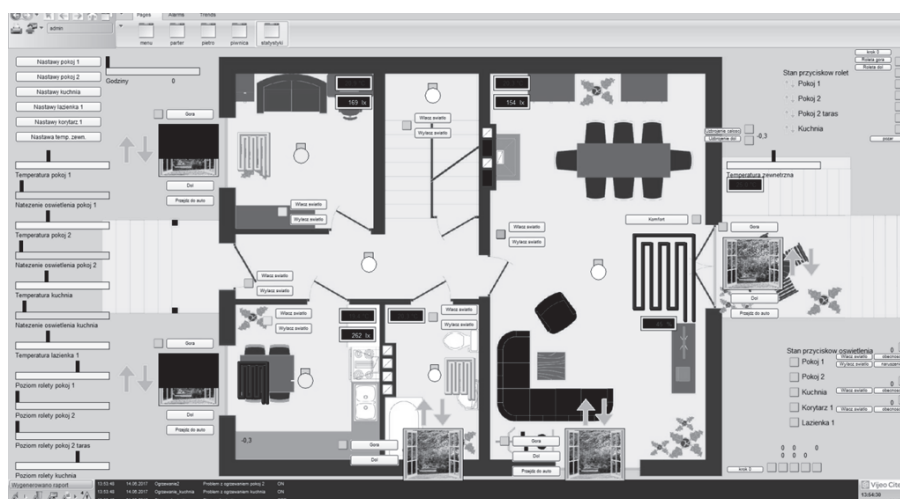
2.3. Wizualizacja

Wizualizacja przygotowana została z wykorzystaniem oprogramowania Vi-jeo Citect 7.40 firmy Schneider Electric i zawiera ekrany synoptyczne umożliwiające podgląd aktualnego stanu elementów systemów składających się na cały

układ z uwzględnieniem podziału na kondygnacje. Na potrzeby projektu zdefiniowane zostało 314 zmiennych *Variable Tags*, 43 zmienne *Local Variables* i 9 zmiennych trendowych *Trend Tags*. Funkcjonalność wizualizacji została dodatkowo rozszerzona poprzez przygotowanie 16 alarmów *Digital Alarms*, 8 typu *Analog Alarms*, 16 typu *Advanced Alarms* i 1 alarmu *Multi-Digital Alarm*, a także 25 funkcji *Accumulators* [15].

Przygotowane ekrany synoptyczne umożliwiają monitorowanie bieżących wartości temperatur i natężenia oświetlenia w pomieszczeniach oraz poziomu opuszczenia rolet. Zamieszczono również grafiki reprezentujące stan załączenia oświetlenia oraz systemów ogrzewania i chłodzenia. Na rysunku 6 przedstawiono zrzut ekranu synoptycznego dla parteru, na którym prócz elementów graficznych symbolizujących poszczególne układy, widoczne są również suwaki i przyciski umożliwiające zasymulowanie pracy układu [15].

Przyjęte zostały również ograniczenia do wybranych funkcji układów poprzez utworzenie 5 ról: administrator, rodzice, dziecko1, dziecko2 i gość, które dają różne możliwości nadrzędnego sterowania. Przepisanie użytkownikowi roli administratora daje mu dostęp bez ograniczeń. Użytkownicy z rolą rodzica nie mają możliwości otwarcia strony z raportami i sekwencją zdarzeń oraz nie mogą zatwierdzać alarmów i nadrzędnie sterować procesem regulacji temperatury. Role dziecko1 i dziecko2, oprócz takich ograniczeń jak rodzic, nie mogą zmieniać nastaw w pokojach poza przypisanymi im pomieszczeniami na piętrze i nadrzędnie sterować układami w pokoju gościnnym, natomiast podgląd ekranów synoptycznych ograniczony został do parteru i piętra. Rola typu gość umożliwia jedynie podgląd stanów układu na parterze oraz zmianę nastaw i nadrzędne sterowanie w pokoju gościnnym [15].



Rys. 6. Zrzut przedstawiający ekran synoptyczny dla parteru [15]

Nieprawidłowości w pracy układu powodują wywołanie alarmów, które zapisywane są w plikach tekstowych. Zdarzenia alarmowe występują między innymi w przypadku, gdy otwarty jest elektrozawór podsystemu ogrzewania, a odpowiadający jemu czujnik przepływu nie podaje na sterownik stanu wysokiego, zgłoszone zostanie zdarzenie z systemu alarmowego oraz gdy nie nastąpi zamknięcie lub otwarcie rolety w określonym czasie – w tym przypadku wykorzystywane są czujniki linkowe [15].

Oprócz stron z ekranami synoptycznymi przygotowane zostały również strony z raportami, które umożliwiają wczytanie przygotowywanych plików raportów z pracy systemu oraz ekran statystyk przedstawiający np. informację o poborze energii czy liczbę załączeń elektrozaworów, a także przyciski umożliwiające otwarcie okien PopUp z przebiegami temperatur w pomieszczeniach [15].

3. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie sterownika PLC w systemie zarządzania komfortem pozwala na uzyskanie dużej elastyczności w projektowaniu i ewentualnej rozbudowie. Szeroka gama kompatybilnych elementów detekcyjnych i wykonawczych pozwala na indywidualne dopasowanie instalacji do potrzeb użytkownika czy też rozbudowanie funkcji o np. monitorowanie parametrów pracy przydomowej instalacji OZE [15, 16].

Współpraca systemu alarmowego z układem sterowania komfortem pozwala na rozszerzenie możliwości obydwóch systemów. Dodatkowe objęcie układów składowych wizualizacją SCADA umożliwia prócz nadrzędnego sterowania, możliwość śledzenia zdarzeń występujących w systemach, a także przeprowadzanie analiz danych, między innymi takich jak temperatury i dalsze podjęcie kroków w stronę ewentualnego oszczędzania energii [15, 16].

Największą wadą przedstawionego systemu jest jego centralizacja i przewodowość – pierwszą kwestię można jednak rozwiązać poprzez rozdzielnie poszczególnych procesów na oddzielne, skomunikowane ze sobą, sterowniki PLC [16].

LITERATURA

- [1] Brock S., Muszyński R., Urbański K., Zawirski K., Sterowniki programowalne, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2000.
- [2] Broel-Plater B., Układy wykorzystujące sterowniki PLC. Projektowanie algorytmów sterowania, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2008.
- [3] Clements-Croome D., Intelligent Buildings: Design, Management and Operation, Thomas Thelford Publishing, Londyn 2004.
- [4] Flaga S., Programowanie sterowników PLC w języku drabinkowym, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2010.

- [5] Kacprzak S., Programowanie sterowników PLC zgodnie z normą IEC61131-3 w praktyce, Wydawnictwo BTC Legionowo
- [6] Kamińska A., Muszyński L., Boruta Z., Radajewski R., Nowoczesne techniki w projektowaniu energooszczędnych instalacji budynkowych w systemie KNX, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
- [7] Kasprzyk J., Programowanie sterowników przemysłowych, Wydawnictwa Naukowo- Techniczne, Warszawa 2006.
- [8] Kwaśniewski J., Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2008.
- [9] Legierski T., Kasprzyk J., Wyrwał J., Hajda J., Programowanie sterowników PLC, Wydawnictwo Pracowni komputerowej Jacka SKALMIERSKIEGO, Gliwice 1998.
- [10] Mikulik J., Wybrane zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu w budynkach, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo - Dydaktyczne, Kraków 2008.
- [11] Mikulik J. i inni, Inteligentne Budynki, Innowacyjne Kierunki Rozwoju, Oficyna Wydawnicza „Text”, Kraków 2012.
- [12] Mikulik J. i inni, Inteligentne Budynki, Teoria i praktyka, Oficyna Wydawnicza „Text”, Kraków 2010.
- [13] Niezabitowska E. i inni, Budynek Inteligentny – Tom I, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [14] Niezabitowska E. i inni, Budynek Inteligentny – Tom II, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
- [15] Nowak R., Wizualizacja sterowania procesami w budynku inteligentnym, Praca dyplomowa magisterska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej, Poznań 2017.
- [16] Pietrasz A., Sterowanie systemami komfortu w budynkach inteligentnych, Praca dyplomowa magisterska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej, Poznań 2017.
- [17] So A. T. P., Chan W. K., Intelligent Building Systems, Kluwer Academic Publishers, Norwell 1999.
- [18] Wang S., Intelligent Buildings and Building Automation, Spon Press, Nowy Jork 2010.
- [19] Włodarczyk J., Podosek Z., Systemy teletechniczne budynków inteligentnych, Oficyna wydawnicza Cyber, Warszawa 2002.

CONTROL AND VISUALIZATION IN INTELLIGENT BUILDING INSTALLATIONS

The paper presents of the project of comfort and security management in a building and its visualization. In the introduction, the definition of intelligent building, PLC controllers and SCADA software were briefly portrayed. The following is a presentation of the design intent and operations description. The control algorithms, program for the selected controller and SCADA visualization were also described. The last part of the paper contains the summary.

(Received: 01.02.2018, revised: 03.03.2018)