

Rafał NOWAK\*  
Aleksandra PIETRASZ\*  
Grzegorz TRZMIEL\*

## STEROWANIE I WIZUALIZACJA PROCESÓW OŚWIETLENIA I NAWODNIENIA OGRODU – CZĘŚĆ 2

W pracy odniesiono się do przedstawienia projektu zintegrowanego systemu oświetlenia i nawadniania ogrodowego z wykorzystaniem sterownika PLC i jego wizualizacji. We wstępie wspomniano pokrótce historię sterowników oraz opisano oprogramowanie SCADA. W dalszej części przedstawiono założenia projektowe, opis działania oraz elementy składowe. Opisano także wykonany na potrzeby projektu algorytm sterowania, program dla wybranego sterownika oraz wizualizację przygotowaną w programie VijeoCitect. Na końcu podsumowano projekt oraz opisano możliwości jego rozwoju.

SŁOWA KLUCZOWE: sterowanie, wizualizacja, system SCADA, sterowniki PLC

### 1. PROJEKT UKŁADU OŚWIETLENIA I NAWODNIENIA OGRODU

#### 1.1. Algorytm i program sterownika

Algorytm sterowania procesem (rys. 1) przedstawiony został z wykorzystaniem grafu SFC, który według normy IEC 61131-3 oparty jest na metodzie Grafset [2, 5], której instrukcje umieszczone zostały w programie sterownika. Sterowanie zostało podzielone na procesy równoległe, aby zapewnić przejrzystość i uproszczenie programu [9, 10].

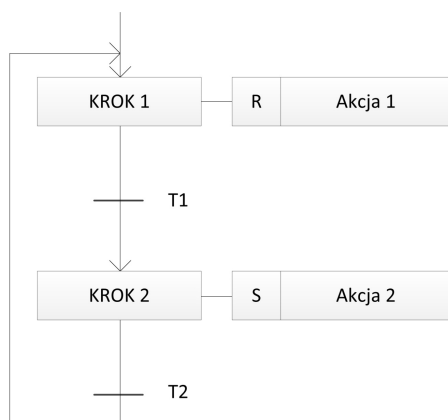
W kroku 1 algorytmu danego procesu następuje nadrzędne kasowanie akcji znajdującej się w bloku akcji, T1 jest tranzycją (warunkiem) przejścia do kroku 2, w którym następuje nadrzędne ustawienie danej akcji. Tranzycja T2 jest zaś warunkiem przejścia z powrotem do kroku 1 [10].

Na rys. 2 przedstawiono algorytm procesem nawadniania w strefie I, którego działanie polega na zresetowaniu w 1 kroku stanu wyjściaysterowującego elektrozawór strefy I i wartości licznika nr 1. Jeżeli użytkownik poprzez przycisk wymusi nawadnianie, program przejdzie do kroku 2, w którym otwarty

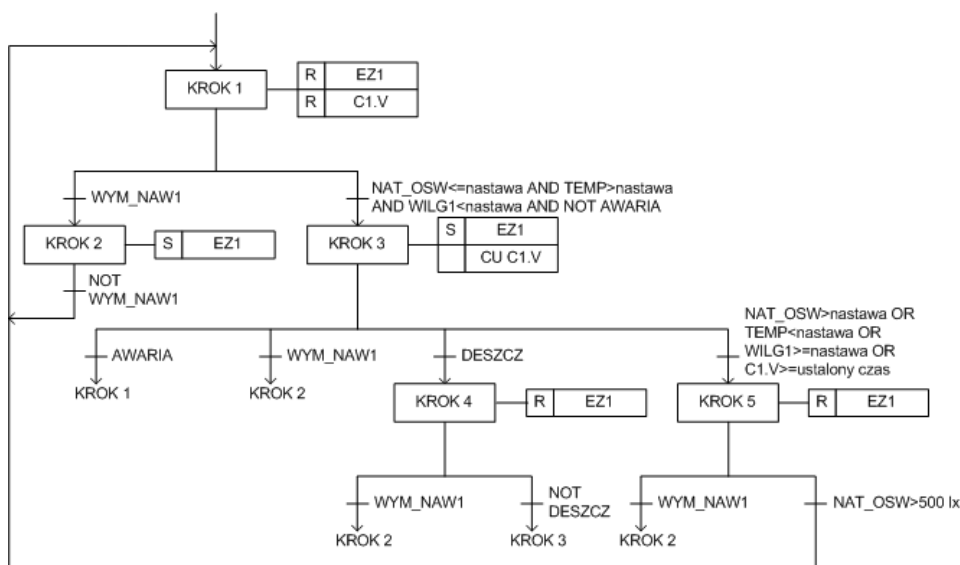
---

\* Politechnika Poznańska.

zostanie elektrozawór. Po zwolnieniu przycisku proces wróci do kroku 1. Istnieje druga opcja działania programu - w przypadku gdy spełnione zostaną warunki przejścia do kroku 3 - natężenie oświetlenia będzie poniżej lub równe wartości nastawczej, temperatura będzie wyższa od nastawy, wilgotność gleby w danej strefie będzie niższa od tej nastawionej i nie będzie zasygnalizowana awaria - rozpocznie się wówczas proces nawadniania i zliczany będzie czas pracy.



Rys. 1. Schemat ideowy algorytmu sterowania pojedynczym procesem układu oświetlenia (poszczególne tranzycje i akcje zamieszczone zostały w tabeli 1) [10]



Rys. 2. Schemat algorytmu sterowania procesem nawadniania w strefie I [9]

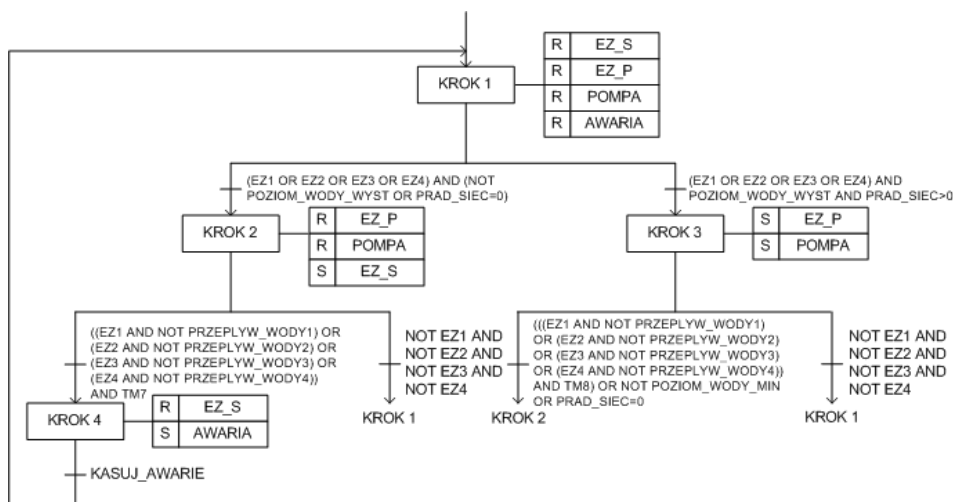
Tabela 1. Akcje i tranzycje wykorzystanie w algorytmie sterowania z rys. 1 [10]

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>Akcja 1/2</b>
<b>Oświetlenie dekoracyjne</b>	(NAT_OSW<=NASTAWA AND PRAD_SIEC>0 AND TEMP>=NASTAWA) OR WYM_OSW_DEKO	(PRAD_SIEC=0 OR NAT_OSW>NASTAWA) AND NOT WYM_OSW_DEKO	OSW_DEKO
<b>Oświetlenie tarasu</b>	((FOTO_RABATA OR RUCH_TARAS OR FOTO_ALTANA) AND NAT_OSW<=NASTAWA) OR WYM_OSW_SC	((NOT FOTO_RABATA AND NOT RUCH_TARAS AND NOT FOTO_ALTANA AND T>NASTAWA) OR NAT_OSW>NASTAWA) AND NOT WYM_OSW_SC	OSW_TARAS
<b>Oświetlenie ścieżki do altany</b>	((FOTO_ALTANA OR FOTO_ALTANA2) AND NAT_OSW<=NASTAWA) OR WYM_OSW_SC	((NOT FOTO_ALTANA AND NOT FOTO_ALTANA2 AND T>NASTAWA) OR NAT_OSW>NASTAWA) AND NOT WYM_OSW_SC	OSW_ALTANA
<b>Oświetlenie ścieżki wokół rabaty</b>	((FOTO_RABATA OR RUCH_RABATA) AND NAT_OSW<=NASTAWA) OR WYM_OSW_SC	((NOT FOTO_RABATA AND NOT RUCH_RABATA AND T>NASTAWA) OR NAT_OSW>NASTAWA) AND NOT WYM_OSW_SC	OSW_RABATA
<b>Oświetlenie ścieżki do domu</b>	((KONTAKTRON_DRZWI OR KONTAKTRON_FURTKA) AND NAT_OSW<=NASTAWA) OR WYM_OSW_SC	((NOT KONTAKTRON_DRZWI AND NOT KONTAKTRON_FURTKA AND T>NASTAWA) OR NAT_OSW>NASTAWA) AND NOT WYM_OSW_SC	OSW_FD
<b>Oświetlenie podjazdu</b>	((KONTAKTRON_BRAMA OR KONTAKTRON_GARAZ) AND NAT_OSW<=NASTAWA) OR WYM_OSW_SC	((NOT KONTAKTRON_BRAMA AND NOT KONTAKTRON_GARAZ AND T>NASTAWA) OR NAT_OSW>NASTAWA) AND NOT WYM_OSW_SC	OSW_BG

Przejęcie z danego kroku nastąpi wówczas gdy zasygnalizowane zostanie awaria – przejście do kroku 1, wymuszone zostanie nawadnianie – przejście do kroku 2, wystąpi opad atmosferyczny – przejście do kroku 4, gdzie program pozostanie do czasu wymuszenia, lub ustania opadu. Wzrost natężenia oświetlenia, spadek temperatury, osiągnięcie zadanej wilgotności gleby, bądź osiągnięcie limitu czasu pracy spowoduje przejście do kroku 5, w którym proces pozostanie do momentu wymuszenia nawadniania, lub nastania dnia [9].

Algorytm sterowania procesem nawadniania dla strefy II, w porównaniu do tego dla strefy I, różni się zmiennymi, na których operuje [9].

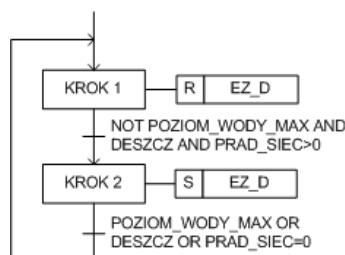
Przebiegi procesów w strefie III i IV, które przedstawione są w pracy [9], są bardzo zbliżone do przedstawionych dotychczas i zawierają dodatkowo krok, w którym nawadnianie przerywane jest czasowo po wykryciu ruchu na ścieżkach.



Rys. 3. Schemat algorytmu sterowania wyborem źródła wody [9]

Algorytm pokazany na rys. 3 przedstawia proces wyboru źródła wody. W kroku 1 następuje wyzerowanie wyjść wysterowujących elektrozawór sieciowy i z pompy wody, stycznik pompy i sygnalizacja awarii. Przy otwarciu któregośkolwiek zaworu strefowego, wystarczającym poziomie wody i zasilaniu sieciowym, algorytm przechodzi do kroku 3, w którym następuje otwarcie elektrozaworu i załączenie stycznika pompy. W przypadku wystąpienia sytuacji, w której elektrozawór jest otwarty i odpowiedni sygnalizator przepływu nie poda sygnału wysokiego na wejście sterownika po określonym czasie, poziom wody spadnie poniżej minimum, lub zaniknie zasilanie sieciowe algorytm przejdzie do kroku 2, w którym zresetuje wcześniej ustawione wyjścia i otworzy elektrozawór sieciowy. Dalszy brak przepływu, po opóźnieniu czasowym, spowoduje przejście do kroku 4 i zasygnalizowanie awarii - proces pozostanie

w danym kroku do momentu wykasowania awarii przyciskiem. Gdy algorytm znajdować się będzie w kroku 2, lub 3 i zamknięte zostaną wszystkie elektroza-wory strefowe to nastąpi przejście do kroku 1 [9].



Rys. 4. Schemat algorytmu sterowania elektroza-worem dopływowym [9]

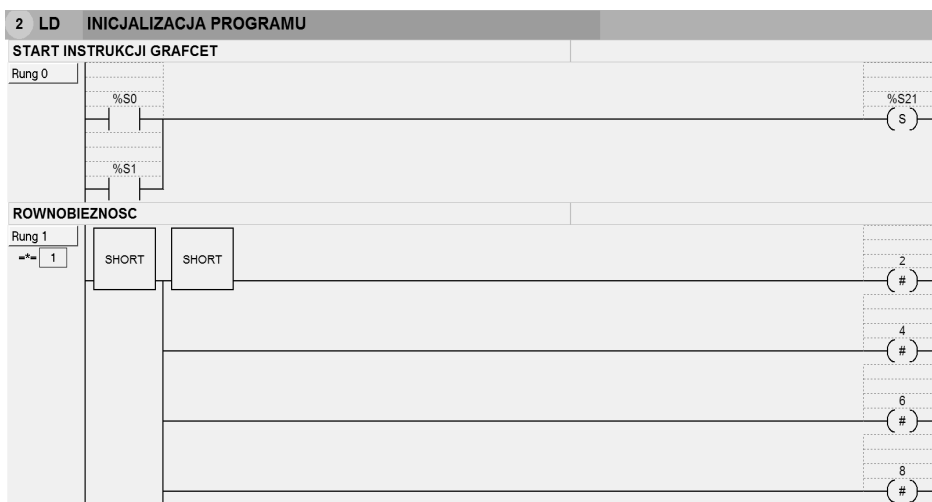
Na rys. 4 przedstawiono algorytm sterowania elektroza-worem dopływowym wody z rynny do zbiornika wody deszczowej. Przy braku poziomu maksimum, wystąpieniu opadu atmosferycznego i zasilaniu sieciowym proces przejdzie do kroku 2 i nastąpi otwarcie elektroza-woru dopływowego. Przy wystąpieniu sytuacji, w której osiągnięty zostanie poziom maksimum lub opad atmosferyczny ustąpi, lub zaniknie zasilanie sieciowe - proces powróci do kroku 1 i nastąpi zamknięcie elektroza-woru [9].

Na podstawie algorytmów sterowania poszczególnymi procesami powstał program w postaci spisu instrukcji Grafset zapisanych w języku Ladder. W pierwszej sekcji (rys. 5) programu znajdują się instrukcje odpowiedzialne za przypisanie do słów pamięci wartości nastawczych układu [9, 10].

1 LD	Nastawy
NASTAWA TEMPERATURY DLA NAWADNIANIA 5ST.C	
Rung 0	SHORT %MW21 := 460 %MW21 := 460
NASTAWA NATEZENIE OSWIETLENIA DLA NAWADNIANIA 75LX	
Rung 1	SHORT %MW22 := 25 %MW22 := 25
NASTAWA WILGOTNOSCI DLA STREFY 1 50%	
Rung 2	SHORT %MW23 := 614 %MW23 := 614

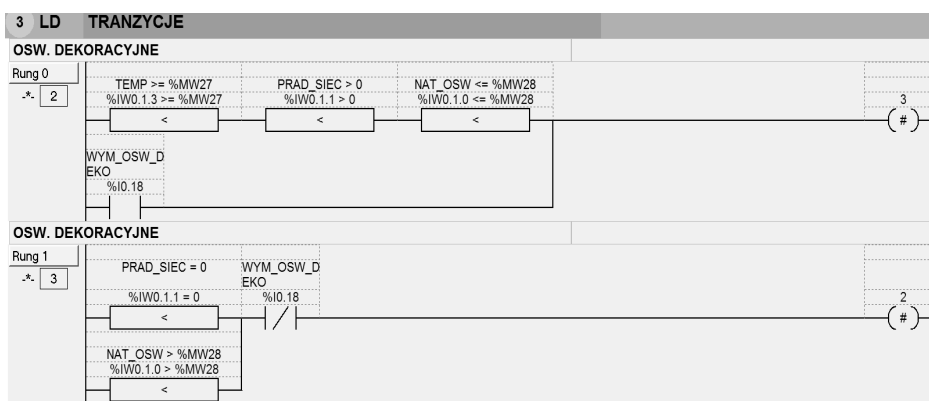
Rys. 5. Zrzut ekranu przedstawiający fragment sekcji pierwszej programu [9, 10]

W kolejnej sekcji programu (rys. 6) znalazły się instrukcje inicjujące wykonywanie instrukcji Grafset – podanie wartości logicznej 1 na bit systemowy %S21, poprzez przypisanie do niego bitów systemowych %S0 (zimny restart) lub %S1 (gorący restart) oraz bezwarunkowe przejście do kroków początkowych każdego procesu [9, 10, 12].



Rys. 6. Zrzut ekranu przedstawiający fragment sekcji drugiej programu [9, 10]

W trzeciej sekcji (rys. 7) zdefiniowane zostały tranzycje dla poszczególnych kroków, zaś w czwartej instrukcje STEP POST, gdzie poprzez odwołanie się do bitów %Xi, gdzie i to numer kroku, zdefiniowano działania w poszczególnych krokach. Na rys. 8 przedstawiono instrukcje otwierania elektrozaworu strefy I w kroku 15 i 16 (kroki 2 i 3 na rys. 2) i odliczania czasu pracy z wykorzystaniem bitu systemowego %S6 - bit będący przez 0,5 s zerem i przez 0,5 s jedynką [9, 10].



Rys. 7. Zrzut ekranu przedstawiający fragment sekcji trzeciej programu [10]



Rys. 8. Zrzut ekranu przedstawiający fragment sekcji czwartej programu [9]

## 1.2. Wizualizacja układu w systemie SCADA

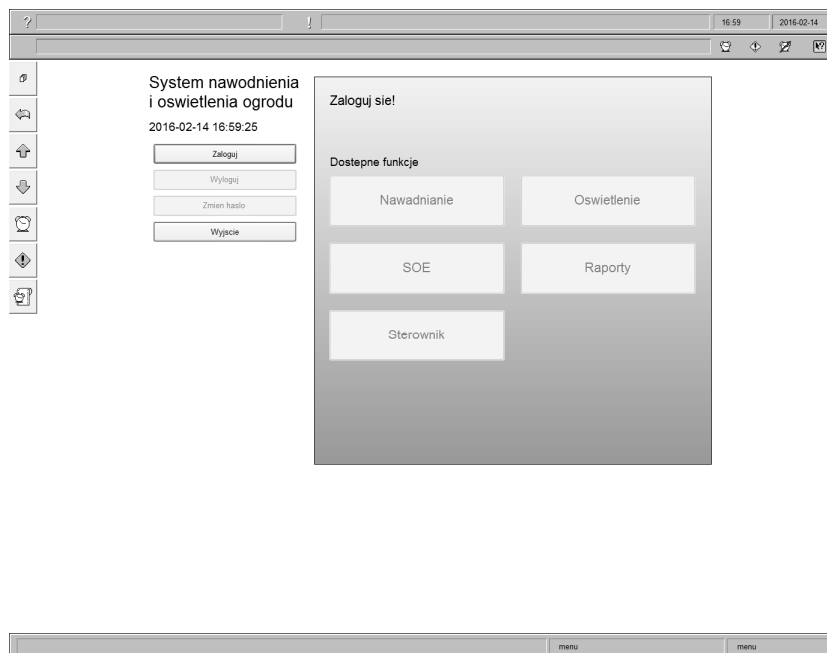
Wizualizacja została stworzona w programie VijeoCitect 7.30 firmy Schneider Electric i przygotowane w niej zostały strony umożliwiające logowanie, sterowanie układem oświetlenia i oddzielnie układem nawadniania, odczytywania raportów z pracy systemu i sterownika, która obrazuje stan wejść i wyjść [9, 10].

Na potrzeby systemu wydzielono cztery grupy użytkowników posiadających różne uprawnienia:

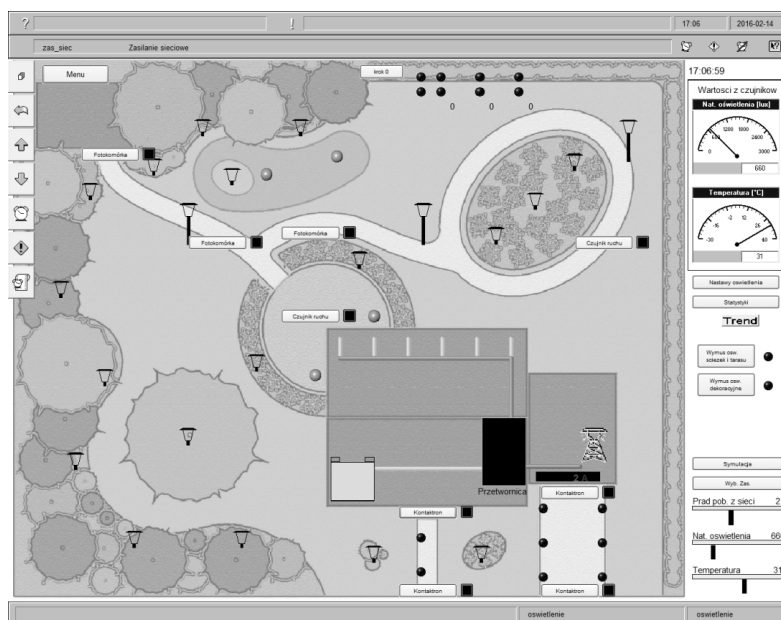
- administratorzy – wszystkie funkcjonalności,
- domownicy – tylko podgląd stanu systemów,
- elektrycy – funkcjonalności systemu oświetlenia,
- ogrodnicy – funkcjonalności systemu nawadniania.

Na rys. 9 przedstawiony został ekran główny, na którym istnieje możliwość logowania i przejścia do poszczególnych ekranów. Widoczne jest zablokowanie większości opcji ze względu na brak zalogowanego użytkownika [9, 10]. Na rys. 10 znajduje się zrzut z ekranu synoptycznego podsystemu oświetlenia przedstawiający rzut z góry obszaru ogrodu z naniesionymi kontrolkami symbolizującymi oprawy oświetleniowe. Ponadto poprzez zmianę kolorów prezentowane jest źródło zasilania – w danej chwili zasilanie sieciowe, ponieważ linia prowadząca od akumulatora jest szara, natomiast od słupa energetycznego, zielona [10].

Na rys. 11 przedstawiono ekran synoptyczny podsystemu nawadniania – podobnie jak w przypadku podsystemu oświetlenia, na rzut z góry obszaru ogrodu naniesione zostały komponenty symbolizujące zraszacze, elektrozawory, fragment instalacji nawodnieniowej, zbiornik wody i pompę. Użytkownik na bieżąco ma podgląd na stan systemu, a zmieniające się kolory rur i innych komponentów dają możliwość monitorowania systemu [9].

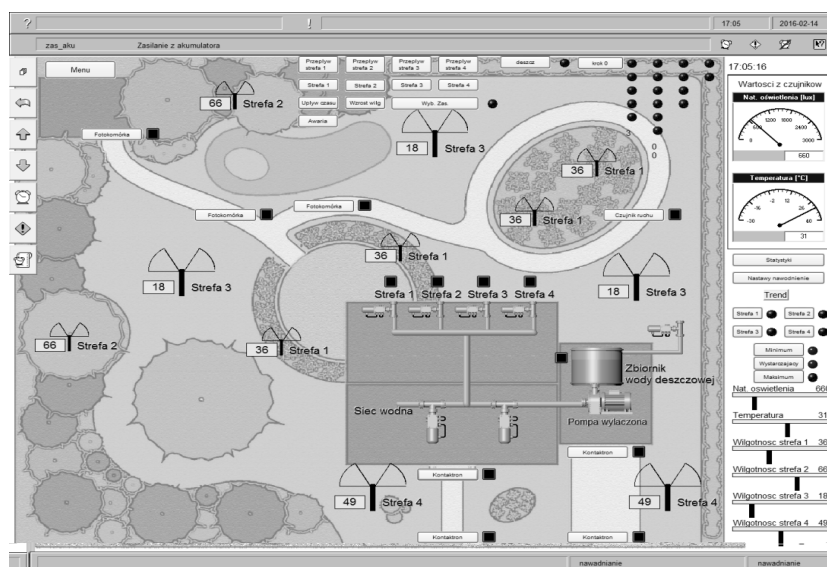


Rys. 9. Zrzut ekranu przedstawiający menu główne (ekran logowania) [9, 10]



Rys. 10. Zrzut ekranu przedstawiający ekran synoptyczny podsystemu oświetlenia [10]





Rys. 11. Zrzut ekranu przedstawiający ekran synoptyczny podsystemu nawadniania [9]

Na obu ekranach synoptycznych znalazły się również kontrolki służące do prezentowania zmierzonej wartości natężenia oświetlenia i temperatury powietrza (prawa górna strona ekranu). Tuż poniżej znajdują się przyciski służące do wyświetlenia okien PopUp z nastawami układu i statystykami pracy systemu [9, 10].

Zdefiniowane zostały alarmy, których treść zapisywana jest każdorazowo do plików wyjściowych .txt, a które wywoływane są przy zmianie statusu poszczególnych wyjść. Ponadto prowadzony jest plik bazodanowy, który tworzony jest z wykorzystaniem funkcji Cicode i pozwala na śledzenie działań użytkowników.

W oparciu o komponenty Accumulators prowadzone są także statystyki załączeń poszczególnych podzespołów wykonawczych i zliczany jest sumaryczny czas ich pracy [9, 10].

Komunikacja z fizycznym sterownikiem odbywa się poprzez Modbus i sterownik OPC OFS - według producenta niemożliwy jest bezpośredni dostęp do stanu wejść i wyjść sterownika - konieczne jest przepisanie tych wartości do słów i bitów pamięci z wykorzystaniem komponentów SHORT i OPERATION BLOCK w programie sterownika [9, 10, 17].

## 2. PODSUMOWANIE

W drugiej części pracy opisano szczegółowo algorytm programu sterującego procesami oświetlenia i nawadniania ogrodu. Ponadto opisano ideę wykorzystania systemu SCADA m.in. w celu: wizualizacji zaprojektowanego układu, za-

rzędzenia dostępem i uprawnieniami użytkowników, sporządzania statystyk, archiwizacji istotnych danych procesowych oraz alarmowania w przypadku awarii czy innych szczególnych sytuacji w pracy instalacji.

Przedstawiony projekt automatycznego systemu nawadniania i oświetlenia zrealizowany z wykorzystaniem sterownika PLC i oprogramowania SCADA stwarza wiele możliwości pod względem jego rozbudowy - jest to system otwarty, do którego włączyć można komponenty różnych producentów, zwracając jedynie uwagę na to, aby elementy wejściowe odpowiadały charakterystyce wejść sterownika. Dodatkowo, dzięki dostępnym modułom dodatkowym oraz możliwości łączenia sterowników w sieć, można taki system rozbudować bez wymiany sterownika o dodatkowe funkcjonalności, takie jak: automatyka brama, systemy bezpieczeństwa czy automatyka wewnątrz budynku.

Zaprojektowany system podobny jest pod względem działania do otwartych systemów budynku inteligentnego – dzięki wykorzystaniu sterownika PLC można go dopasować do indywidualnych potrzeb, a oprogramowanie SCADA i interfejsy HMI umożliwiają przystępną oraz uniwersalną wizualizację pracy takiego systemu, zależnie od oczekiwań i potrzeb użytkowników. Przedstawione w pracy rozwiązanie może stanowić jedną z części składowych większego systemu zarządzania inteligentnymi instalacjami budynków oraz ich otoczenia.

## LITERATURA

- [1] Bolkowski S., Teoria obwodów elektrycznych., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2012.
- [2] Brock S., Muszyński R., Urbański K., Zawirski K., Sterowniki programowalne, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2000.
- [3] Czerwiński A., Akumulatory, baterie, ogniwa, *Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005.*
- [4] Góralczyk I., Tytko R., FOTOWOLTAIKA Urządzenia, instalacje fotowoltaiczne i elektryczne. *Wydawnictwo i Drukarnia Towarzystwa Słowaków w Polsce, Kraków 2015.*
- [5] Kasprzyk J., Programowanie sterowników przemysłowych, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa 2006.
- [6] Kwaśniewski J., Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej, *Wydawnictwo BTC, Legionowo 2008.*
- [7] Legierski T., Kasprzyk J., Wyrwał J., Hajda J., Programowanie sterowników PLC, *Wydawnictwo Pracowni komputerowej Jacka SKALMIERSKIEGO, Gliwice 1998.*
- [8] Niestępski S., Parol M., Pasternakiewicz J., Wiśniewski T., Instalacje elektryczne, budowa, projektowanie i eksploatacja, *Ofcyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.*
- [9] Nowak R., Układ sterowania systemem nawadniania ogrodowego z wykorzystaniem sterownika PLC, *Praca dyplomowa inżynierska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej, Poznań 2016.*

- [10] Pietrasz A., Układ sterowania oświetleniem ogrodowym z wykorzystaniem sterownika PLC, *Praca dyplomowa inżynierska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej, Poznań 2016.*
- [11] Żagan W., Iluminacja obiektów, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.*
- [12] Twido, Sterowniki programowalne, Instrukcja programowania.
- [13] [http://www.redinpe.com/attachments/article/200/05\\_redukcja\\_poziomu\\_oswietlenia\\_drogowego\\_179.pdf](http://www.redinpe.com/attachments/article/200/05_redukcja_poziomu_oswietlenia_drogowego_179.pdf), Redukcja poziomu oświetlenia drogowego – możliwości i ograniczenia, *dr inż. Małgorzata Górczewska*, 6.01.2016.
- [14] <http://www.schreder.com/PLS-PL/LEARNINGCENTRE/HOWTOLIGHT/Pages/HowtolightParks.aspx>, Jak oświetlać parki, *Schreder Polska Sp. z o.o.*, 06.01.2016.
- [15] [http://www.energotech.pl/doc/File/download/IP\\_oraz\\_IK.pdf](http://www.energotech.pl/doc/File/download/IP_oraz_IK.pdf), Klasyfikacje IP oraz IK, *Zakład Wykonawstwa Sieci Energetycznych, ENERGO-TECH Sp. z o.o.* 8.01.2016.
- [16] [https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/dg\\_res-handbook\\_po.pdf](https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/dg_res-handbook_po.pdf), *Przydomowe systemy zraszaczy podręcznik projektowania*, 8.01.2016.
- [17] <http://www.alo.home.pl/pub/FTP-SE/04%20Automatyka%20przemyslowa/SCADA%20i%20Systemy%20nadzoru/Podr%EAacznik%20Vijeo%20Citect%207.1,%207.2%202012PL.pdf>, Vijeo Citect 7.1, 7.2. Pierwsze kroki, 8.01.2016.
- [18] [http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/656/17mpmep\\_162.pdf](http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/656/17mpmep_162.pdf), Sprawność maszyn elektrycznych, *Biblioteka Cyfrowa Politechniki Warszawskiej*, 11.01.2016.
- [19] [http://murator-dom.pl/instalacje/instalacje-elektryczne/jak-ukladac-instalacje-elektryczna-w-ogrodzie,40\\_13820.html](http://murator-dom.pl/instalacje/instalacje-elektryczne/jak-ukladac-instalacje-elektryczna-w-ogrodzie,40_13820.html), Jak układać instalację elektryczną w ogrodzie?, *murator-dom.pl*, 13.01.2016.
- [20] [http://murator-dom.pl/instalacje/instalacje-elektryczne/zabezpieczenie-instalacji-elektrycznych-w-ogrodzie-o-czym-musisz-pamietac,40\\_13843.html](http://murator-dom.pl/instalacje/instalacje-elektryczne/zabezpieczenie-instalacji-elektrycznych-w-ogrodzie-o-czym-musisz-pamietac,40_13843.html), Zabezpieczenie instalacji elektrycznych w ogrodzie: o czym musisz pamiętać?, *murator-dom.pl*, 14.01.2016.
- [21] Karty katalogowe i instrukcje producentów.

#### **CONTROL AND VISUALISATION OF ILLUMINATION AND IRRIGATION PROCESSES**

The paper presents of the project of integrated illumination and irrigation system using a PLC controller and its visualisation. In the introduction, the history PLC controllers and SCADA software were briefly portrayed. The following is a presentation of the design intent, operations description and included components. The control algorithm created specially for the project, programme for the selected controller and visualisation prepared in Vijeo Citect programme were also described. The last part contains project summary and its development trends.

*(Received: 16. 02. 2016, revised: 5. 03. 2016)*