

Damian GŁUCHY*

ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW SCADA DO STEROWANIA I WIZUALIZACJI PRACY INSTALACJI WYKORZYSTUJĄCYCH OZE

W pracy przedstawiono koncepcję wizualizacji i sterowania przykładowym procesem generacji energii elektrycznej wykorzystującym instalację fotowoltaiczną, turbinę wiatrową oraz magazyn energii. Dokonano ogólnego przeglądu zastosowań oraz funkcjonalności systemów SCADA. Zaproponowano aplikacje realizujące założone zadania: wizualizacyjne, sterownicze, alarmowe, zabezpieczeniowe oraz archiwizacyjne. Projekty wykonano w środowisku Vijeo Citect. Ze względu na uniwersalność i oparcie na istniejących w środowisku projektowym komponentach aplikacja może być przykładem oraz szablonem służącym do stworzenia wizualizacji dowolnego procesu generacji energii ze źródeł OZE.

SŁOWA KLUCZOWE: system SCADA, odnawialne źródła energii, wizualizacja, turbiny wiatrowe, magazyny energii, PV, sterowanie nadrzędne

1. WPROWADZENIE

Wzrastające zapotrzebowanie na energię elektryczną i stale rosnące zanieczyszczenie środowiska wywołały dynamiczny rozwój technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii. Wśród nich największym zainteresowaniem cieszą się instalacje fotowoltaiczne oraz turbiny wiatrowe. Wynika to przede wszystkim z szerokiej bazy lokalizacji, które umożliwiają efektywne i opłacalne wytwarzanie energii, a tym samym, w połączeniu z wieloma programami dofinansowań rządowych, szybki zwrot poniesionych nakładów finansowych na ich uruchomienie. Ponadto obie wspomniane technologie podlegają dużej skalowalności kapitałowej, co umożliwia ich wprowadzanie zarówno dużym koncernom energetycznym w postaci farm wiatrowych i elektrowni fotowoltaicznych, jak i niewielkim inwestorom w postaci przydomowych mikro i małych instalacji. Niestety, ich stosowanie na szeroką skalę wiąże się z szeregiem niedogodności eksploatacyjnych. Najważniejszą z nich jest mała stabilność poziomu generowanej energii, co wynika z dostępności źródeł energii, a wiąże się z koniecznością zwiększenia rezerw mocy w innych źródłach oraz utrudnionym

* Politechnika Poznańska.

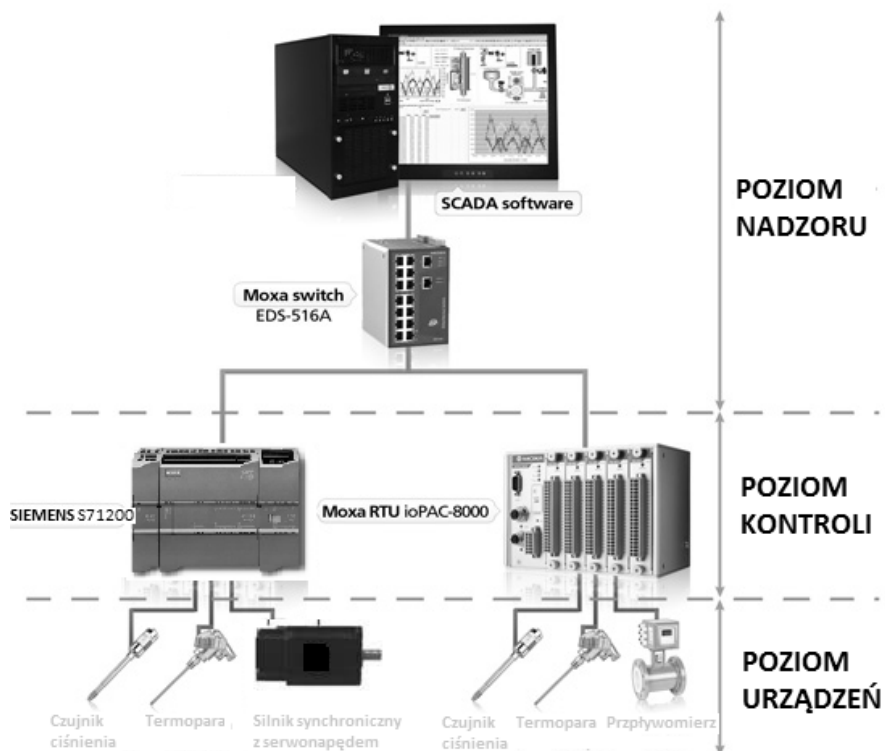
sterowaniem systemem elektroenergetycznym. Tym samym duże zespoły wytwórcze OZE muszą podlegać stałemu monitoringowi komercyjnych systemów teleinformatycznych. Stwarza to przestrzeń dla rozwoju i tworzenia nowych mikroinstalacji oraz małych instalacji do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych wspieranych systemami SCADA, które pozwalają na udoskonalenie i wzbogacenie realizowanych w tradycyjny sposób zadań [4]. Otwarte, rozproszone systemy sterowania i wizualizacji charakteryzują się dużymi możliwościami komunikacyjnymi oraz sporym potencjałem w dziedzinie rozbudowy i modyfikacji istniejącego systemu. Cechą charakterystyczną systemu SCADA jest niezależność układów regulacyjnych w procesie wytwarzania energii od pozostałej części struktury.

2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW SCADA

System SCADA (ang. Supervisory Control And Data Acquisition, czyli Sterowanie Nadrzędne i Akwizycja Danych) jest realizowany w postaci sieci połączonych serwerów, pobierających niezbędne dane dotyczące zarządzanego procesu, które po przetworzeniu umożliwiają jego odwzorowanie w postaci wizualizacji, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości archiwizacyjnych i sterowniczych [1].

SCADA jako systemem komputerowym zarządza urządzeniami przyłączonymi do sieci obejmującymi, oprócz komputerów, przede wszystkim urządzenia dedykowane dla zastosowań przemysłowych. Zazwyczaj wspomniane urządzenia posiadają własny sprzętowy program, który w trakcie procesu jest realizowany. Ponadto urządzenie poprzez programowalny sterownik logiczny (PLC) może komunikować się ze światem zewnętrznym, zarówno dostarczając niezbędnych danych, jak i w celu zmiany wybranych parametrów, a nawet całych algorytmów działania. W praktyce program sterownika, w zależności od jego przeznaczenia i rodzaju procesu technologicznego, może być zarówno zapisany w sposób trwały bądź kontrolowany przez system SCADA. Pozwala to na trójwarstwową kontrolę nad realizowanym przez urządzenie zadaniem, gdzie w czasie rzeczywistym śledzone są aktualne zmiany i podejmowane są odpowiednie reakcje na nie, a w przypadku utraty połączenia z systemem SCADA rolę tę przejmuje sterownik PLC. Na rysunku 1 przedstawiono ideowy schemat połączeń trzech poziomów systemu SCADA [4].

Pełne zrozumienie zasady działania systemu SCADA wymaga dokładnej analizy architektury sprzętowej, do której zalicza się: serwer MTU, serwer danych, urządzenia zbierające dane oraz stacje klienckie.



Rys. 1. Ideowy schemat połączeń trzech poziomów systemu SCADA [6]

2.1. Serwer

W systemach SCADA ze względu na pełnioną funkcję można wyróżnić dwa rodzaje serwerów: MTU oraz danych.

Serwer MTU (ang. Master Terminal Unit) jest elementem dedykowanym, którego zadaniem jest rozpoczynanie wszelkich form komunikacji, zbierania i przechowywania informacji, wysyłania i odbioru danych do innych systemów i użytkowników. Ponadto jego zadaniem jest komunikacja z urządzeniami peryferyjnymi służącymi do przedstawienia za pomocą obrazów synoptycznych elementów danego procesu technologicznego. Służą do tego głównie monitory i ekrany dodatkowe, na których, wraz z aktualizacją danych w systemie, informacje są odświeżane.

Zadaniem serwera danych jest pozyskanie informacji z urządzeń pomiarowych, ich magazynowanie i archiwizacja. Tak pozyskane dane zostają udostępnione stacjom klienckim i innym serwerom, po uprzednim odpowiednim przetworzeniu.

2.2. Urządzenia do archiwizacji danych

System SCADA najczęściej rejestruje dane za pośrednictwem sterowników PLC oraz modułów RTU (ang. Remote Terminal Unit), które zazwyczaj z urządzeniami wykonawczymi i pomiarowymi są połączone bezpośrednio. Urządzenia PLC, podobnie jak RTU, rejestrują wybrane parametry i przekazują te informacje do systemu, lecz w odróżnieniu od nich mają za zadanie kierować pracą urządzeń odpowiedzialnych za utrzymanie żądanych parametrów. Zadania te wykonywane są poprzez uruchomienie zaimplementowanych w urządzeniu funkcji w odpowiedzi na wartość mierzonych parametrów. Tym samym moduł RTU nadaje się do np. monitorowania temperatury pomieszczenia, natomiast w celu realizacji automatycznej klimatyzacji należy posłużyć się sterownikiem PLC.

2.3. Stacja kliencka

Elementem umożliwiającym interakcję użytkownika z systemem SCADA jest stacja kliencka. Umożliwia ona wizualizację procesu technicznego oraz jego sterowanie. Ponadto daje możliwość śledzenia wcześniej zdefiniowanych wyzwalaczy danych procesów (np. załączenie elementu przy określonej temperaturze i ciśnieniu), reakcji na alarmy oraz śledzenie i analizę raportów.

Rozproszenie przetwarzania najczęściej stosowane jest w większych aplikacjach o dużej ilości danych, gdzie istnieje znaczne obciążenie procesorów poszczególnych komputerów. W przypadku niewielkich systemów, złożonych z nie więcej niż kilkudziesięciu sterowników rozmieszczonych w odległościach pozwalających na bezproblemową komunikację, stosuje się jeden serwer realizujący wszystkie wcześniej wspomniane funkcje.

3. ZADANIA I ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW SCADA

Główne funkcje realizowane przez systemy SCADA to [7]:

- wizualizacja stanu procesu technicznego,
- zbieranie, gromadzenie i przetwarzanie danych pochodzących z procesu oraz na ich podstawie wykonywanie sterowanie,
- rejestracja zdarzeń i alarmowanie w przypadku wystąpienia niepożądanych zjawisk,
- archiwizacja danych,
- raportowanie w wybranej formie i interwałach czasowych,
- udostępnianie informacji o procesie w sieciach komputerowych,
- nadawanie uprawnień określających zabezpieczenie dostępu.

Osiągnięcie wymienionych funkcji SCADA jest możliwe tylko przy zachowaniu ciągłości sprawnego działania systemu. Tym samym zaleca się redundancję serwera

pików (zapisywanie danych w dwóch lokalizacjach jednocześnie), serwera I/O (zapasowy serwer I/O zapobiega utracie informacji z czujników o aktualnym stanie procesu), sieci LAN (minimum dwie osobne sieci), serwera głównego (istnienie zapasowego serwera pozwala na szybką reaktywację całego systemu bez zbędnych przestojów w realizowanym procesie) oraz kanału transmisyjnego [5].

Wprowadzanie systemu SCADA pozwala osiągnąć miarodajne efekty w postaci redukcji kosztów operacyjnych, poprawy sprawności systemu i łatwiejszego zarządzania obiektem dzięki automatycznie generowanym raportom. Ponadto przyczynia się on do wzrostu żywotności systemu, zapewnia aktualną wiedzę o wydajności systemu i zmniejsza czas potrzebny na diagnostykę oraz naprawę uszkodzeń. Wszystkie te pozytywne efekty wprowadzenia systemu SCADA prowadzą do dużych oszczędności czasu osób prowadzących obsługę procesu.

4. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Celem pracy jest stworzenie systemu SCADA umożliwiającego zarządzanie mikro lub małą przydomową instalacją hybrydowego pozyskiwania energii elektrycznej ze źródeł OZE współpracujących z magazynami energii.

Pozyskiwanie energii w źródłach zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie odbiorników stanowi koncepcję nowoczesnej energetyki, która opiera się głównie na wytwarzaniu energii z instalacji fotowoltaicznych i turbin wiatrowych [2]. Z wcześniejszych badań wynika [3], że z uwagi na charakterystyki pracy i użytku energii pożądana jest współpraca instalacji wiatrowej oraz solarnej w ramach jednego systemu hybrydowego. Poprawę współpracy układu „wiatrowo-fotowoltaicznego” z siecią energetyczną może zapewnić wprowadzenie układu magazynującego energię. Powinien się on charakteryzować dużą gęstością mocy i energii, dobrą sprawnością przy określonych warunkach pracy oraz kosztem uzasadniającym jego zaimplementowanie względem wniesionych korzyści.

W projekcie wykorzystano schemat istniejącej instalacji hybrydowej złożonej z turbiny wiatrowej o mocy 1 kW, instalacji fotowoltaicznej o mocy 1,8 kW oraz akumulatora jako elementu magazynującego energię. Całość instalacji współpracuje z siecią zasilającą jednofazową, a głównym odbiornikiem jest dom jednorodzinny z możliwością monitorowania i kontroli zużycia energii.

5. PROJEKT SYSTEMU SCADA DLA HYBRYDOWEGO POZYSKIWANIA ENERGII

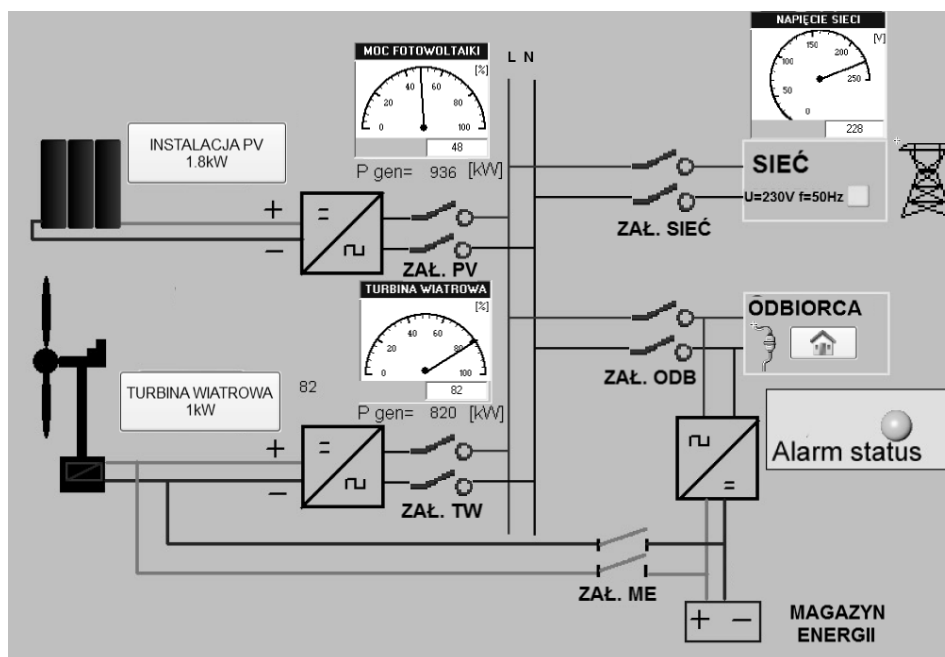
Autor zaproponował przykładową aplikację systemu SCADA w oparciu o system Vijeo Citect 7.30, który na tle tożsamyh systemów wyróżnia się dużą łatwością symulowania pracy rzeczywistego systemu, co przyspiesza pracę projektanta i umożliwia prostą realizację fizycznego obiektu. Pozwala to na spraw-

ne testowanie, w trybie symulacji pracy, rozwiązań przed ich wprowadzeniem do rzeczywistego obiektu oraz na ułatwione prace przy ewentualnej rozbudowie układu sterowania o nowe urządzenia i/lub sterowniki.

Ze względu na wielkość systemu dotyczącą liczby stron wizualacyjnych, zróżnicowania funkcjonalności, liczby i typów wykorzystywanych zmiennych, dokładnej analizie zostaną poddane główne strony procesu generacji i zużycia energii.

Uruchomienie aplikacji powoduje wyświetlenie strony logowania, umożliwiającej: zalogowanie, wylogowanie, dodawanie i edycję użytkowników (tylko dla użytkowników z uprawnieniami administratora) oraz zamknięcie aplikacji. Użytkownik niezalogowany pozbawiony jest jakiegokolwiek dostępu do kolejnych stron wizualacyjnych i informacji z nimi związanych. W ramach udostępnienia projektu szerszemu gronu zainteresowanych osób stworzony został profil GOSC umożliwiający przechodzenie między wszystkim stronami procesu bez możliwości wprowadzania zmian sterowniczych.

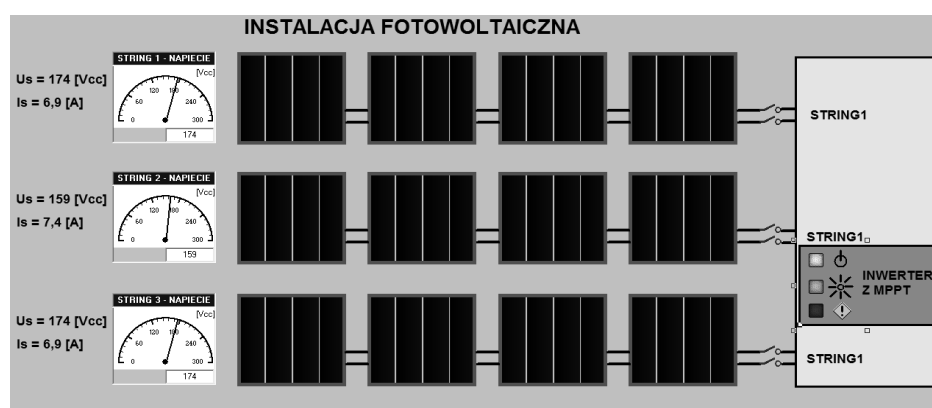
Na rysunku 2 przedstawiono główną stronę procesu hybrydowego pozyskiwania energii. Można na niej wyróżnić dwa źródła z przyciskami umożliwiającymi przejście do konkretnych podstron dotyczących instalacji PV i turbiny wiatrowej, zawierających więcej informacji i poszerzoną możliwość sterowania.



Rys. 2. Ekran główny systemu wizualizacji hybrydowej generacji energii elektrycznej

Każda z generacji jest w czasie rzeczywistym monitorowana, co umożliwia wyświetlenie informacji o procentowej sprawności danej instalacji i generowanej mocy. Ponadto wizualizacja zawiera stan załączenia poszczególnych obwodów (inwerterów, sieci, odbiornika, magazynów energii), które sterowane są automatycznie np. w nocy inwerter fotowoltaiki zostaje odłączony od linii zasilającej, co zostaje zwizualizowane zmianą grafiki elementu „ZAŁ.PV”. Monitoringowi podlega zarówno sieć zasilająca, kolor zielony oznacza jej sprawność, jak i instalacja odbiorcza. Kontrolka „Alarm status” jest dodatkową, nadrzędną formą powiadomienia o wystąpieniu błędów w działaniu instalacji, których nie rozwiąże system i konieczna jest reakcja użytkownika.

Wybranie przycisku „INSTALACJA PV 1,8kW” ze strony głównej powoduje przejście do podstrony wizualizującej pracę inwertera oraz poszczególnych łańcuchów modułów fotowoltaicznych, co przedstawia oraz synoptyczny na rysunku 3.

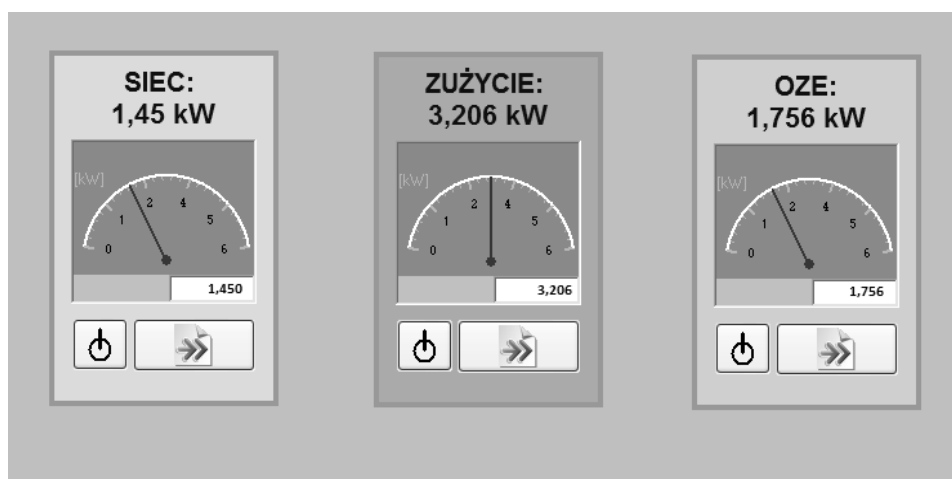


Rys. 3. Ekran podstrony wizualizującej pracę poszczególnych łańcuchów modułów instalacji fotowoltaicznej

Inwerter wykorzystany w instalacji PV cechuje się kilkoma wejściami, z których każde posiada własny kontroler MPPT (ang. Maximum Power Point Tracking). Umożliwia to śledzenie wartości natężenia prądu i napięcia dla każdego łańcucha, co można wykorzystać podczas kontroli poprawności działania instalacji czy też określenia wpływu ewentualnych lokalnych zacienień.

Nadzór nad bilansem energetycznym całości instalacji wykonuje się poprzez wybranie na stronie głównej przycisku w sekcji „ODBIORCA”. Powoduje to przejście do podstrony zestawiającej sumarycznie trzy sekcje: zużycie energii elektrycznej w budynku, produkcję energii z instalacji hybrydowej oraz wartość niezbędnej energii pobieranej z sieci zasilającej. Wizualizację tej strony przedstawiono na rysunku 4. Każda sekcja ma możliwość całkowitego wyłączenia z cyklu pracy oraz przejścia do bardziej szczegółowej podstrony. Na szczególną

uwagę zasługuje podstrona sekcji „ZUŻYCIE”, która umożliwi wyświetlenie wizualizacji sterowania procesem grzania wody użytkowej i iluminacji fasady budynku w zależności od wartości nadwyżek energii w ogólnym bilansie. Moduł ten może być znacznie bardziej rozbudowany w przypadku współpracy z instalacją inteligentnego budynku.



Rys. 4. Ekran podstrony wizualizującej uproszczony bilans mocy instalacji hybrydowej

Istotnym elementem systemu są strony alarmów. Znajdują się na nich wszystkie zarejestrowane alarmy, zarówno sprzętowe (dotyczące awarii lub braku komunikacji z poszczególnymi fizycznymi elementami) jak i programowe. Wśród programowych można wyróżnić alarmy analogowe oraz cyfrowe, z uwzględnieniem czasu ich wystąpienia oraz nazwy zmiennych, które spowodowały ich wystąpienie. W przypadku każdego alarmu analogowego określa się również próg, który spowodował jego wystąpienie.

Każda zmienna istniejąca w systemie może zostać przedstawiona w postaci funkcji tej danej w ujęciu czasowym za pomocą podstrony „WYKRESY”. Dostęp do tej podstrony ma każdy zarejestrowany w systemie użytkownik z poziomu strony logowania lub wybierając skrót klawiszowy „W”. Struktura tej podstrony jest zdefiniowana w środowisku przez producenta i umożliwia wyświetlenie dowolnych istotnych dla danego użytkownika danych, tworząc z niej bardzo uniwersalne narzędzie.

W projekcie celowo posłużono się określeniem magazynów energii, a nie baterii akumulatorów. Celem takiego zabiegu jest zasugerowanie możliwości wykorzystania do współpracy z instalacją PV i turbiną wiatrową superkondensatorów i mas wirujących, dzięki czemu możliwe będzie bardzo szybkie pobieranie i oddawanie dużych prądów.

5. WNIOSKI

Celem autora było pokazanie możliwości zastosowania systemów SCADA w hybrydowym pozyskiwaniu energii w mikro i małych instalacjach generacyjnych OZE. Zagadnienia te zostały zrealizowane przez wykonanie aplikacji w programie Vijeo Citect SCADA.

System SCADA w sposób ciągły dostarcza szeroki zasób danych, które przy użyciu odpowiednich algorytmów można wykorzystać do monitoringu stanu instalacji. Korelacja odpowiednich informacji umożliwia diagnozę usterek związanych ze zużyciem poszczególnych elementów, wykonywanie harmonogramu prac konserwacyjnych, wykrywanie problemów związanych z zanieczyszczeniem turbiny, czy z osiadającym śniegiem na modułach fotowoltaicznych. Do innych istotnych funkcji systemów SCADA należy przekaz informacji do właściciela instalacji o aktualnej produkcji energii, prędkości wiatru i nasłonecznieniu, dostępność instalacji do produkcji energii, liczbie godzin pracy i przestoju (np. na czas serwisu, usuwania oblodzenia).

Inwestorzy nie zawsze decydują się na zakup systemów SCADA, wychodząc zapewne z założenia, że serwisanci całkowicie poradzą sobie z opieką nad instalacją OZE. Należy jednak mieć na uwadze, że straty w produkcji energii, w instalacjach hybrydowych nie korzystających z systemów SCADA, przekraczają koszt jego zakupu i adaptacji. Tego typu systemy diagnostyczne, mogą w znacznym stopniu zminimalizować ilość wizyt serwisowych, a tym samym zmniejszyć czas wyłączenia instalacji.

Liczne zalety systemów SCADA pozwalają sformułować wnioski, że implementacja takiego systemu w instalacji hybrydowego pozyskiwania energii elektrycznej jest przedsięwzięciem opłacalnym i zalecanym.

LITERATURA

- [1] Cupek R., Metody wizualizacji rozproszonych procesów przemysłowych, Politechnika Śląska, Gliwice 1998.
- [2] Filipiak M., Głuchy D.: Rozwój energetyki w Polsce i na świecie, Bezpieczeństwo energetyczne rynki surowców i energii - teraźniejszość i przyszłość Tom 2, Fundacja na rzecz Czystej Energii, redaktor naukowy Piotr Kwiatkiewicz, Poznań 2014, str. 121 – 132.
- [3] Głuchy D., Pozyskiwanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych współpracujących z magazynami energii, Między ewolucją a rewolucją - w poszukiwaniu strategii energetycznej Tom 2, Fundacja na rzecz Czystej Energii, Poznań 2015 str.225-238.
- [4] Sacha K., Projektowanie oprogramowania systemów sterujących, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [5] Zając J., Rozproszone sterowanie zautomatyzowanymi systemami wytwarzania, Politechnika Krakowska, Kraków 2003.

- [6] www.amplicon.com/Process-Control/scada.cfm 22.01.2016.
- [7] www.citect.schneider-electric.com/scada/vijeo-citect, SCADA Knowledgebase, Schneider Electric, 20.01.2016.

SCADA SYSTEMS SUPPORT RES GENERATION

The paper presents the concept of visualization and control the exemplary process of generation electricity using photovoltaic, wind turbine and energy storage. Has been made a general review of use and functionality SCADA systems. Was proposed applications executing complex tasks of visualization, control, alarm, making structure of access and archiving. Projects was made in the environments Vijeo Citect. Applications can be an example and a template used for create a visualization of any process of generation energy from renewable energy sources.

(Received: 24. 02. 2016, revised: 4. 03. 2016)