

Management System for a Transformer Substation with Energy Storage

Authors

Przemysław Angielczyk
Łukasz Sosnowski
Anna Kołtun
Maciej Rup
Łukasz Sapuła

Keywords

energy storage, transformer substation, Rogowski coil, modular controller, prosumer, Prosument Eco Smart, PES, EFL

Abstract

Power companies face the necessity to integrate an increasing number of dispersed energy sources into the grid, and at the same time are responsible for ensuring continuity of supply and appropriate energy quality. The implemented solution integrates the measurement, monitoring and control functionality along with data transmission for Smart Grid needs. The system consists of a central unit, GSM modem, UPS system, temperature sensors, insolation sensor, CR/CRR current transducers, vibration sensor, and software. The system measures AC currents and voltages, while DC currents and voltages are downloaded directly from the energy storage. The system – which can be provided with an operator panel – uses data from the installed sensors to perform additional protection functions. The proposed solution is directed at operators of power grids and industrial plants using renewable energy. It can be deployed in smart buildings and in the prosumer energy sector, especially in farms and small production and service facilities that are interested in electricity generation for their own needs.

DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2018403

Received: 16.03.2017

Accepted: 10.07.2017

Available on-line: 15.03.2019

1. Introduction

The incorporation of dispersed energy sources into the power grid and the assurance of continuous supplies to customers imposes on power companies the need to reconfigure the power grid. Making right switching decisions requires the use of Smart Grid technology, including the collection of remotely transmitted data and their analysis using artificial intelligence elements. To accomplish these goals, a management system for a transformer substation with energy warehouse called Prosument Eco Smart (PES) has been developed to integrate the measurement, monitoring and control functionality along with data transmission for Smart Grid needs.

2. System architecture and basic functional features

The system is intended for the management of a transformer substation with an energy storage or as an element supervising the power system condition at the interface between the power company and a prosumer generating electricity from its own sources. The proposed solution integrates the needs related to the MV/LV transformer substation management in the measurement and transmission layer in accordance with the Smart Grid, Smart Metering and RES models. A block diagram of the system is shown in Fig. 1. The basic functionality of the system:

- implementation of monitoring, management and control algorithms in accordance with the designed operation logic
- archiving of data downloaded from sensors and transducers

- generation of energy consumption reports divided into sources of supply
- data analysis
- maintenance-free, scalability, expansion flexibility
- integration with other systems, e.g. SCADA, EMS, GIS and GIT SEM
- analogue measurements, incl.: current, voltage, frequency, temperature, and insolation
- mapping of switch positions and status control of fuse links in the switchgear
- short circuit indication in MV/LV grids

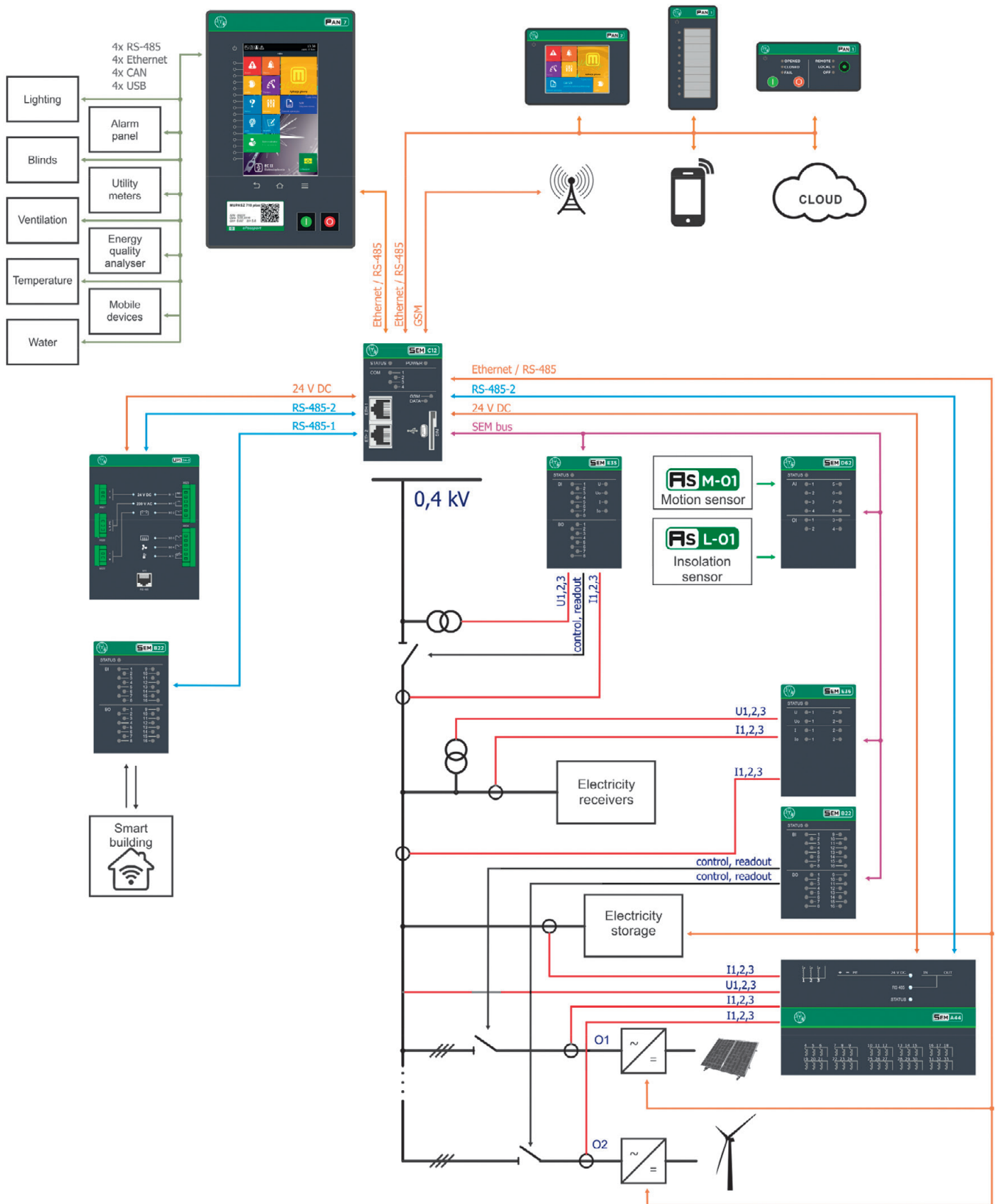


Fig. 1. Block diagram of the Prosument Eco Smart (PES) system with an application example

- log with time stamps and sequence of events (SOE) generation
- data readout and transmission from energy meters, energy quality analyser, balancing meter
- temperature monitoring, heating and cooling control
- remote parameterization function, software exchange and configuration, access control to power facilities.

3. Description of system modules

The Prosument Eco Smart system’s central unit is based on a specialized modular SEM controller (Fig. 3), consisting of four modules:

- C12 main module
- E31 module of inputs, binary outputs and current measurements

- E35 module of inputs, binary outputs and current and voltage measurements

A41 multichannel module of LV outflow current measurements. The system deployed at the innogy Stoen Operator substation, in addition to the SEM controller, also includes the following modules:

- 30 kW energy storage
- 580 solar battery
- insolation sensor
- UPS for independent supply of the SEM system
- CR and CRR current transducers
- transformer vibration sensor (optional).

The C12 module is the concentrator of data from all modules and the communication hub that supports various protocols and gathers information about the status of all elements within the

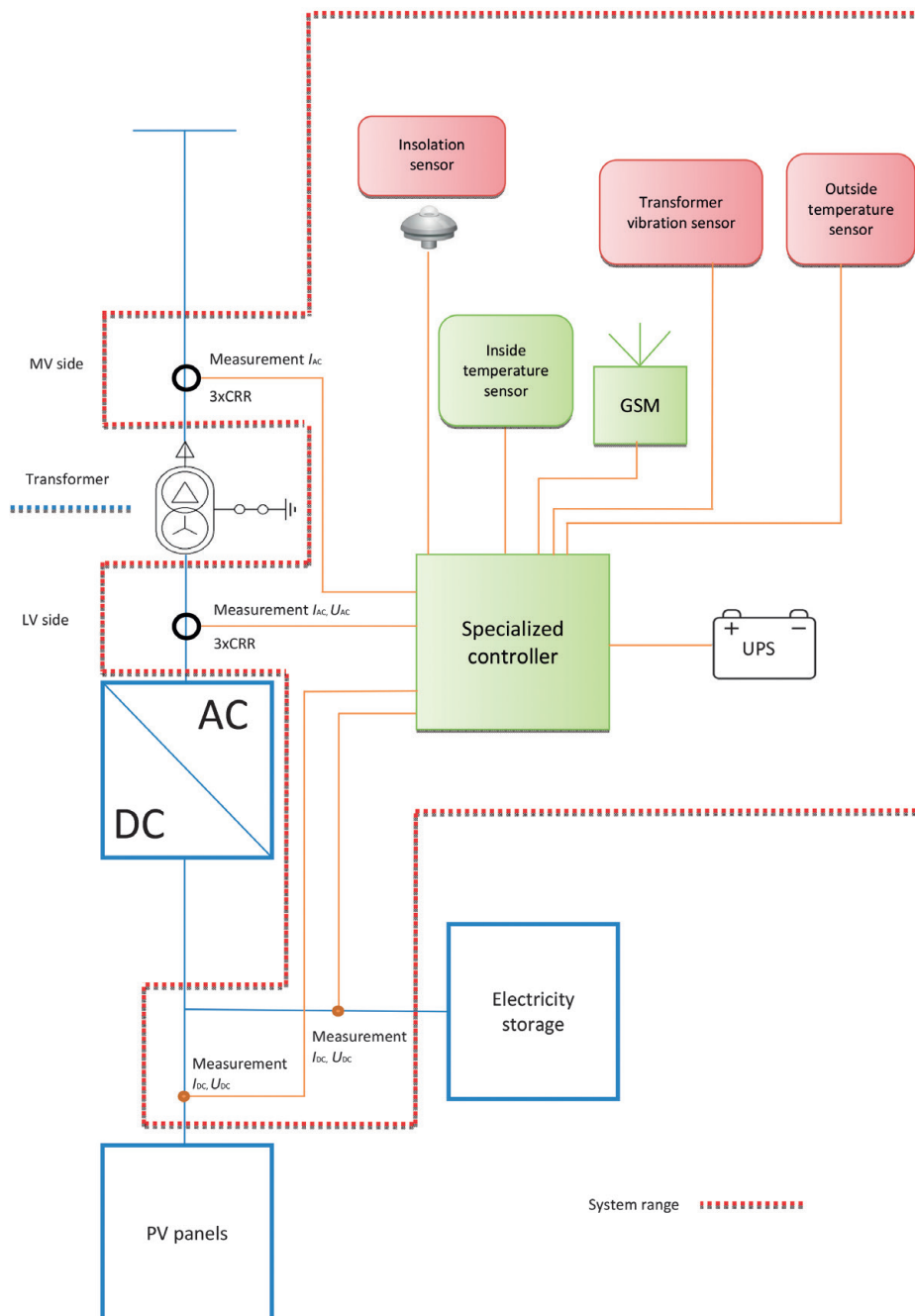


Fig. 2. Block diagram of the transformer substation management system deployed in the innogy object

substation. Through it the modules can be remotely configured, and their software updated.

The module has a built-in of user logic support mechanism, with which and a software tool called Edytor Funkcji Logicznych (EFL) the controller can be easily adapted to the object's local needs. With this software dedicated protection systems can be created based on ready-made protection and automation algorithms and made of known digital electronics elements, such as: logic gates, flip-flops, de/multiplexers, timers and counters, comparators, binary input and output ports, events and ready current, voltage and frequency protection, and systems for status monitoring and control of switches, as well as many other types of functional blocks. EFL is a management tool for system configuration, modification of settings, reprogramming of digital logic, control of available connectors, personalization. One of the program windows for programmable logic is shown in Fig. 4.

Via the GSM link, the C12 module communicates with the SCADA system, located in the central operator's dispatch office, providing all information collected in the substation.

The following protocols have been implemented in the device:

- DNP 3.0
- IEC 60870-5-104
- MODBUS-TCP
- MODBUS-RTU
- GSM modem support.

The E31 and E35 modules:

- collect measurement data from CR/CRR current transducers
- collect LV voltage measurement data
- collect zero-sequence current and voltage measurement data
- collect binary information of switches' statuses and locks
- control the main connector and signal alarms.

In order to separate the system's main element, i.e. the SEM controller, from the substation supply and to increase the entire system's operational reliability, the SEM controller is powered by



Fig. 3. Modular SEM controller

a 24-2 buffer UPS with two 12V batteries. It warrants a few hours of stable system operation in the event of power supply loss.

In addition, UPS 24-2 measures the temperature inside the cabinet with PT100 sensor. It has a built-in mechanism to stabilize the temperature so as to ensure optimal thermal parameters for both the system and the batteries. A 30 W semiconductor heater and a fan for air exchange in the cabinet is connected to the buffer UPS outputs.

Insolation is measured by AS L-01 sensor. The sensor measures the solar illumination in a very wide range, for the visible and infrared bands. The sensor is used to evaluate the PV panel's performance depending on the insolation.

The PV panel performance depends on external factors such as temperature, cell contamination, precipitation. The PV panel output monitoring in relation to the insolation is to provide the substation staff with information enabling the proper PV panel's operation.

AC currents in LV and MV grids are measured with CR2-25 and

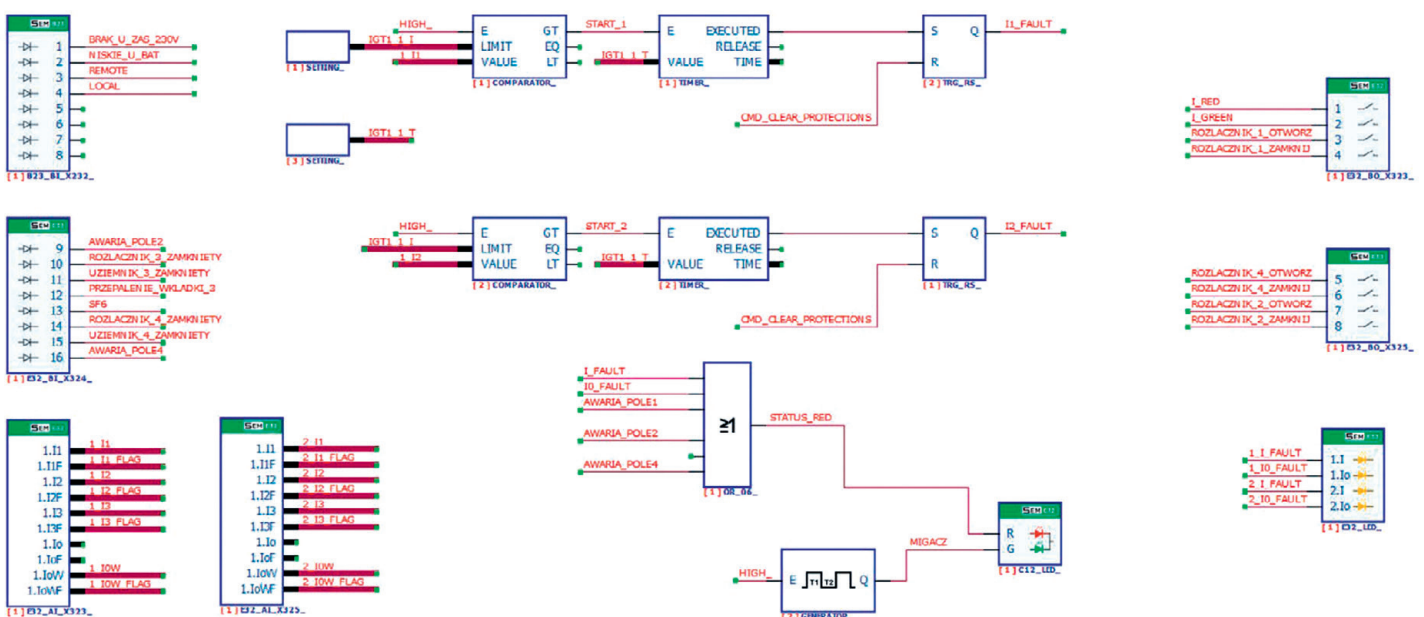


Fig. 4. User logic creation screen

CRR1-50 type current transducers. Current is measured at several points so that the entire system’s performance can be effectively assessed. Thus, current is measured:

- on MV side at the cable connection to the station
- aggregate, on LV side downstream of the transformer
- at PV battery output
- at electricity storage output
- at all 12 outflows to end consumers.

The Rogowski coil principle based current transducers are currently becoming very popular due to very good electrical parameters, low mass, small dimensions and low price. Their small dimensions allow mechanical optimization of distribution bays. Not without significance is also their price several times lower than that of classic current transformers.

The currents at outflows to end customers are measured in a separate cabinet with SEM_A41 measurement modules, and the measurement data are sent to the SEM_C12 central unit over a transmission link. With this the distances between measuring transducers and the measuring device have been optimized. It is much easier to send aggregated measurement data over a transmission medium than over wires from several dozens of measuring transducers. Moreover, this approach reduces the cost of materials and labour and improves the ergonomics of the substation itself. DC voltages and currents are measured at the energy storage in the substation, and the results are transferred to the system over MODBUS. The system can be extended with PAN 7 operator panels. Panel PAN 7 is used to visually render the substation, to display the measurements, and to control switches deployed at the substation.

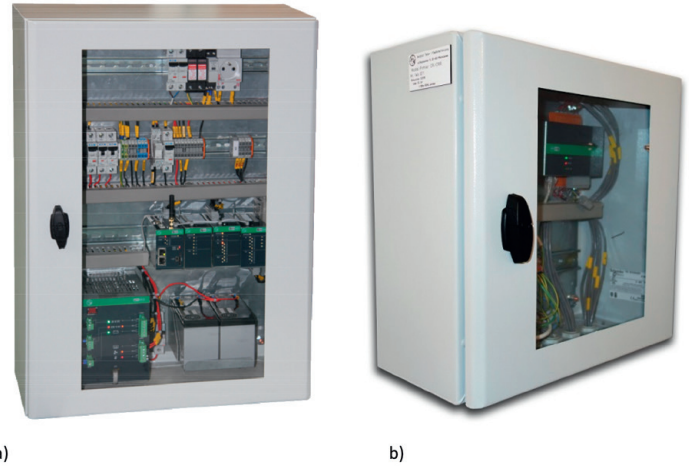


Fig. 5. a) The system’s central unit consisting of: specialized controller, buffer UPS, inside temperature sensors and GSM link; b) The Prosument Eco Smart system’s measurement unit consisting of A41 modules for measuring currents from CR/CRR transducers

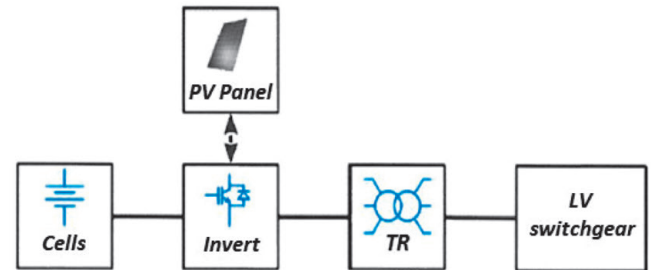


Fig. 6. Block diagram of the system (own study)

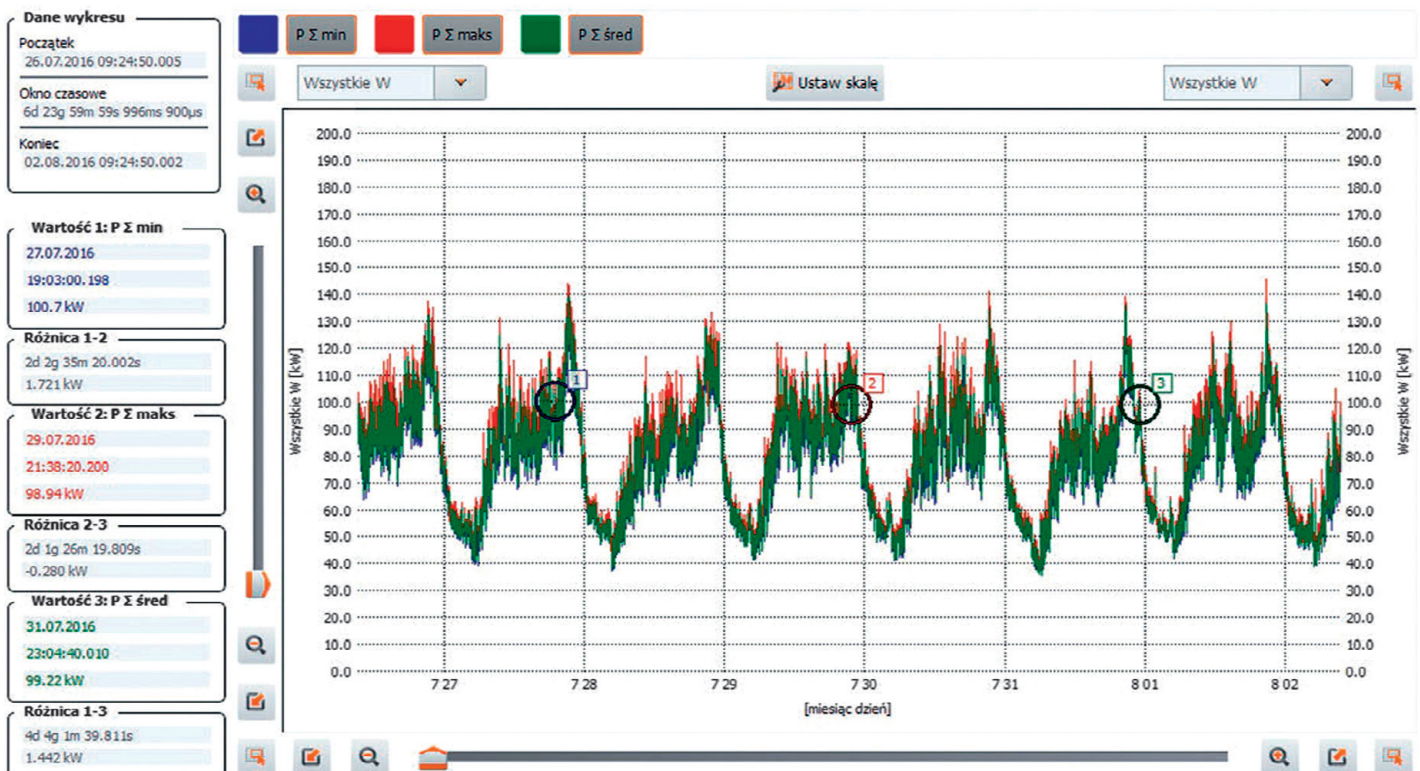


Fig. 7. Average substation load before implementation (LV side)

4. Energy storage system

As part of its R&D, innogy Stoen Operator (innogy SO) has developed and implemented the first energy storage at a MV/LV substation in Warsaw. The over 30 kWh capacity system was built of lithium-ion batteries and additionally supplied from a small array of solar panels on the substation’s roof as per the block diagram shown in Fig. 6. The implementation of the energy storage at MV/LV substation project had resulted from innogy SO’s efforts to search for new technologies that would allow for safe and dynamic response to changing demand not only of electricity consumers but also prosumers. Any electricity recipient located close to a prosumer source expects a stable voltage, and the prosumer expects certainty of energy reception, which can be ensured by an energy storage located near the prosumer’s generation facilities.

The system’s main operating principle is charging the battery system at the time of the MV substation’s minimum power consumption in the 24-hour cycle, and discharging it during the peak period, Fig. 7. Besides the remote and local operation modes, also the autonomous mode based on the self-learning

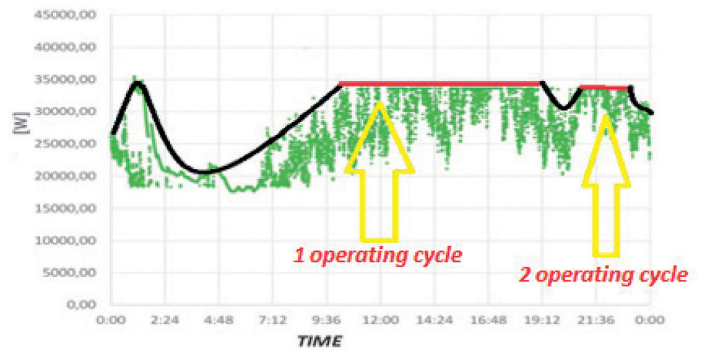
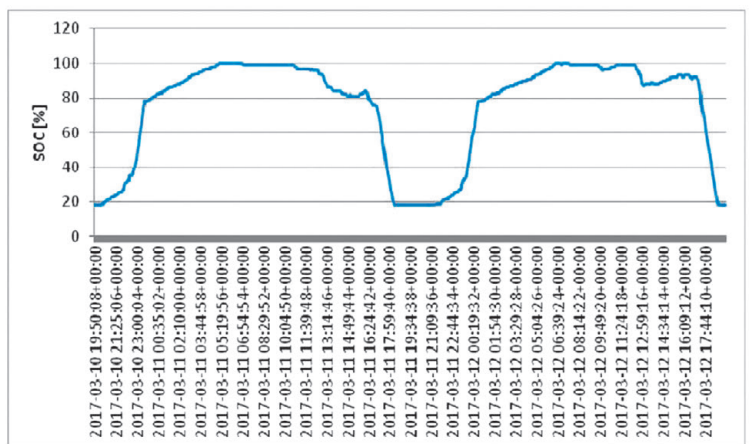
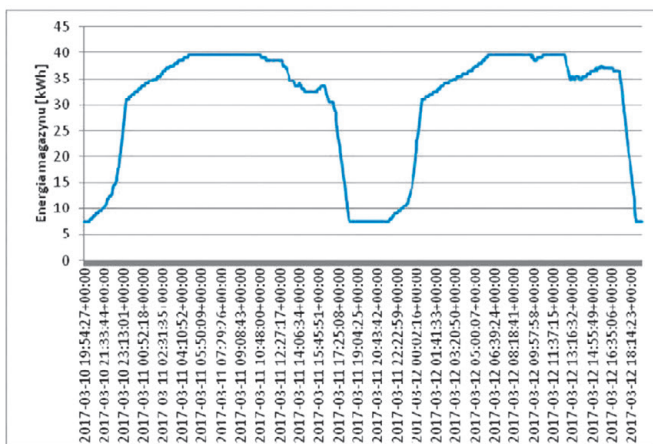


Fig. 8. Assumed load reduction after implementation (LV side)

algorithm has been implemented in the system. It consists in analysing the substation’s load curve from the previous day and “injecting” portions of energy into the grid in order to maximally flatten the potential load peaks. In this mode, the storage is charged during the substation’s load valleys. The planned effect of the entire system’s operation is shown in Fig. 8.



a) System capacity at weekend (actual measurement); b) System’s charge status at weekend (actual measurement)



Fig. 10. Electricity storage

The first analyses of the system's performance, including the artificial intelligence algorithm's performance, prove the effectiveness of load reduction by it, Fig. 9.

The implementation of the energy storage system in the MV/LV substation in Warsaw is a R&D project meant to provide an answer to questions about the options to improve the reliability of customers' power supply and to implement new system services, as well as about the technical-economic conditions of a large-scale deployment of such systems. The pilot system will undergo many tests, including the tests of island operation (disconnecting the MV/LV substation from the MV supply grid and maintaining the supply of the substation's key customers) and of storage/power grid interoperability.

5. Summary

The proposed solution is directed to operators of power grids and industrial plants using renewable energy. Moreover, it can be deployed in smart buildings and in prosumer energy sector, especially in farms and small production and service facilities that are interested in electricity generation for their own needs. A major benefit of the project is that it extends the range of solutions available for Smart Grids and enables the system's integration with other modular SEM controller-based solutions, e.g. a fault location and isolation system and a temperature rise inspection system.

The solution's scalability allows its extension with additional functionality, such as the control of faults on the MV side, of transformer loadability (current and temperature measurement), and of unauthorized access to the facility. The large liberty in

the choice of modules, easy reconfiguration of the number and types of supported modules, the user logic support mechanism, communication capabilities and operator panels with a modern GUI (7-inch multi-touch display), allow tailoring the system to the needs of demanding clients.

REFERENCES

1. Przybysz R., Wlazło P., "System zarządzania mikroelektrowniami OZE" [RES microplant management system], *Wiadomości Elektrotechniczne*, No. 6, 2014.
2. Kowalski G. et al., "Układy pomiarowe z bezrdzeniowymi przetwornikami w sieciach energetycznych" [Measuring systems with air-core transducers in power grids], *Elektronika*, No. 11, 2015.
3. Lisowiec A., Kowalski G., "Bezrdzeniowe przetworniki prądowe o konstrukcji rozłączalnej" [Air core current transducers with detachable design], *Wiadomości Elektrotechniczne*, No. 9, 2014.
4. Andrzejewski M., Przybysz R., Wlazło P., "SEM – modułowy sterownik Smart Grid do węzłowych stacji transformatorowych SN/nn" [SEM – modular Smart Grid controller for nodal MV/LV transformer substations], *elektro.info*, No. 9, 2015.
5. Michalski P., Przybysz R., Wlazło P., "Aplikacje modułowego sterownika SEM w sieciach Smart Grid" [Modular SEM controller's applications in Smart Grids], *Urządzenia dla Energetyki*, No. 6, 2016.
6. Andrzejewski M., Wlazło P., "Logika programowalna w urządzeniach EAZ dla sieci Smart Grid" [Programmable logic in automatic protection devices for Smart Grid], *Wiadomości Elektrotechniczne*, No. 11, 2013.

Przemysław Angielczyk

Tele and Radio Research Institute, Warsaw

e-mail: przemyslaw.angielczyk@itr.org.pl

Graduated from Warsaw University of Technology. Research and technical specialist. Deals with issues related to: implementations, user logic in field controllers, and Smart Grids.

Łukasz Sosnowski

Warsaw University of Technology / innogy Stoen Operator

e-mail: lukasz.sosnowski@innogy.com

PhD student at the Faculty of Electrical Engineering at Warsaw University of Technology (Institute of Theoretical Electrical Engineering and Information and Measurement Systems), at the same time a specialist at innogy Stoen Operator. He deals with Smart Grid issues, R&D, and implementation of new technologies.

Anna Kołtun

Tele and Radio Research Institute, Warsaw

e-mail: anna.koltun@itr.org.pl

Student of the Faculty of Electrical Engineering at Warsaw University of Technology, majoring in Electrical Engineering/ Industrial Electronics. Her professional interests include: issues related to user logic in field controllers, and Smart Grids

Maciej Rup

Tele and Radio Research Institute, Warsaw

e-mail: maciej.rup@itr.org.pl

Graduated in Power Engineering from the Faculty of Electrical Engineering, and in Management & Marketing from the Faculty of Production Engineering (2005) at Warsaw University of Technology. Head of the Commercialization and Implementation Department. Author of ca. 30 publications.

Łukasz Sapuła

Tele and Radio Research Institute, Warsaw

e-mail: lukasz.sapula@itr.org.pl

Graduated in Electrical Engineering/Power System Automation from the Faculty of Electrical Engineering at Warsaw University of Technology (2006). Assistant dealing with issues related to the implementation of field controllers.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 27–34. When referring to the article please refer to the original text.

PL

System do zarządzania stacją transformatorową z magazynem energii

Autorzy

Przemysław Angielczyk
Łukasz Sosnowski
Anna Kołtun
Maciej Rup
Łukasz Sapuła

Słowa kluczowe

magazyn energii, stacja transformatorowa, cewka Rogowskiego, sterownik modułowy, prosument, Prosument Eco Smart, PES, EFL

Streszczenie

Zakłady energetyczne stoją przed koniecznością włączenia do sieci energetycznej coraz większej liczby rozproszonych źródeł energii, a jednocześnie są odpowiedzialne za zapewnienie ciągłości dostaw oraz odpowiedniej jakości energii. Wdrożone rozwiązanie integruje funkcjonalność w zakresie pomiarów, monitoringu oraz sterowania, wraz z transmisją danych na potrzeby sieci Smart Grid. System składa się z jednostki centralnej, modemu GSM, układu UPS, czujników temperatury, czujnika nasłonecznienia, przetworników prądowych typu CR/CRR, czujnika drgań oraz oprogramowania. W systemie realizowane są pomiary prądów i napięć zmiennych, natomiast wartości pomiarów prądów i napięć stałych pobierane są bezpośrednio z magazynu energii. System – który może być wyposażony w panel operatorski – wykorzystuje dane z zainstalowanych czujników, aby realizować dodatkowe funkcje zabezpieczeniowe. Proponowane rozwiązanie jest kierowane do operatorów sieci elektroenergetycznych oraz zakładów przemysłowych wykorzystujących energię odnawialną. Może ono znaleźć zastosowanie w inteligentnych budynkach i w energetyce prosumenckiej, szczególnie w gospodarstwach rolnych i małych zakładach produkcyjno-usługowych, które są zainteresowane produkcją energii elektrycznej na własne potrzeby.

Data wpływu do redakcji: 16.03.2017

Data akceptacji artykułu: 10.07.2017

Data publikacji online: 15.03.2019

1. Wstęp

Włączenie do sieci energetycznej rozproszonych źródeł energii i zapewnienie ciągłości dostaw odbiorcom narzuca zakładom energetycznym konieczność rekonfiguracji sieci energetycznej. Podejmowanie właściwych decyzji przełączeniowych wymaga zastosowania technologii Smart Grid, w tym gromadzenia przesyłanych zdalnie danych oraz ich analizy z zastosowaniem elementów sztucznej inteligencji. Do realizacji tych celów został opracowany system do zarządzania stacją transformatorową z magazynem energii o nazwie Prosument Eco Smart (PES), integrujący funkcjonalność w zakresie pomiarów, monitoringu oraz sterowania wraz z transmisją danych na potrzeby sieci Smart Grid.

2. Architektura systemu i podstawowe cechy funkcjonalne

System przeznaczony jest do zarządzania stacją transformatorową wyposażoną w magazyn energii lub jako element nadzorujący stan systemu elektroenergetycznego na styku zakład energetyczny – prosument wytwarzający energię elektryczną z własnych źródeł. Proponowane rozwiązanie integruje potrzeby związane z zarządzaniem stacją transformatorową SN/nN w warstwie pomiarowej i transmisyjnej zgodnej z modelem Smart Grid, Smart Metering oraz OZE. Schemat blokowy systemu przedstawiono na rys. 1.

Podstawowa funkcjonalność systemu:

- realizacja algorytmów monitorowania, zarządzania i sterowania zgodnie z zaprojektowaną logiką działania

- archiwizacja danych pobieranych z sensorów i przetworników
- generacja raportów zużycia energii z podziałem na źródła dostaw
- analiza danych
- bezobsługowość, skalowalność, elastyczność rozbudowy
- integracja z innymi systemami, np.: SCADA, EMS, GIS lub GIT SEM
- realizacja pomiaru wielkości analogowych, m.in.: prądu, napięcia, częstotliwości, temperatury, nasłonecznienia
- odzworowywanie stanu położenia łączników oraz kontrola stanu wkładek bezpiecznikowych w rozdzielnicach
- sygnalizacja zwarcia w sieci SN/nN
- dziennik z cechą czasu oraz generacją sekwencji zdarzeń (SOE)
- funkcje odczytu oraz transmisji danych z liczników energii, analizatora jakości energii, licznika bilansującego
- kontrola temperatury, sterowanie ogrzewaniem i chłodzeniem
- realizacja funkcji zdalnej parametryzacji, wymiany oprogramowania i konfiguracji, kontroli dostępu do obiektów energetycznych.

3. Opis poszczególnych modułów systemu

Jednostka centralna systemu Prosument Eco Smart bazuje na specjalizowanym sterowniku modułowym SEM (rys. 3), składającym się z czterech modułów:

- C12 moduł główny
- E31 moduł wejść, wyjść binarnych oraz pomiaru prądów
- E35 moduł wejść, wyjść binarnych oraz pomiaru prądów i napięć

- A41 wielokanałowy moduł pomiaru prądów na odpyłkach po stronie Nn.

W skład systemu zlokalizowanego na stacji operatora innowy Stoen Operator oprócz sterownika SEM wchodzi jeszcze następujące moduły:

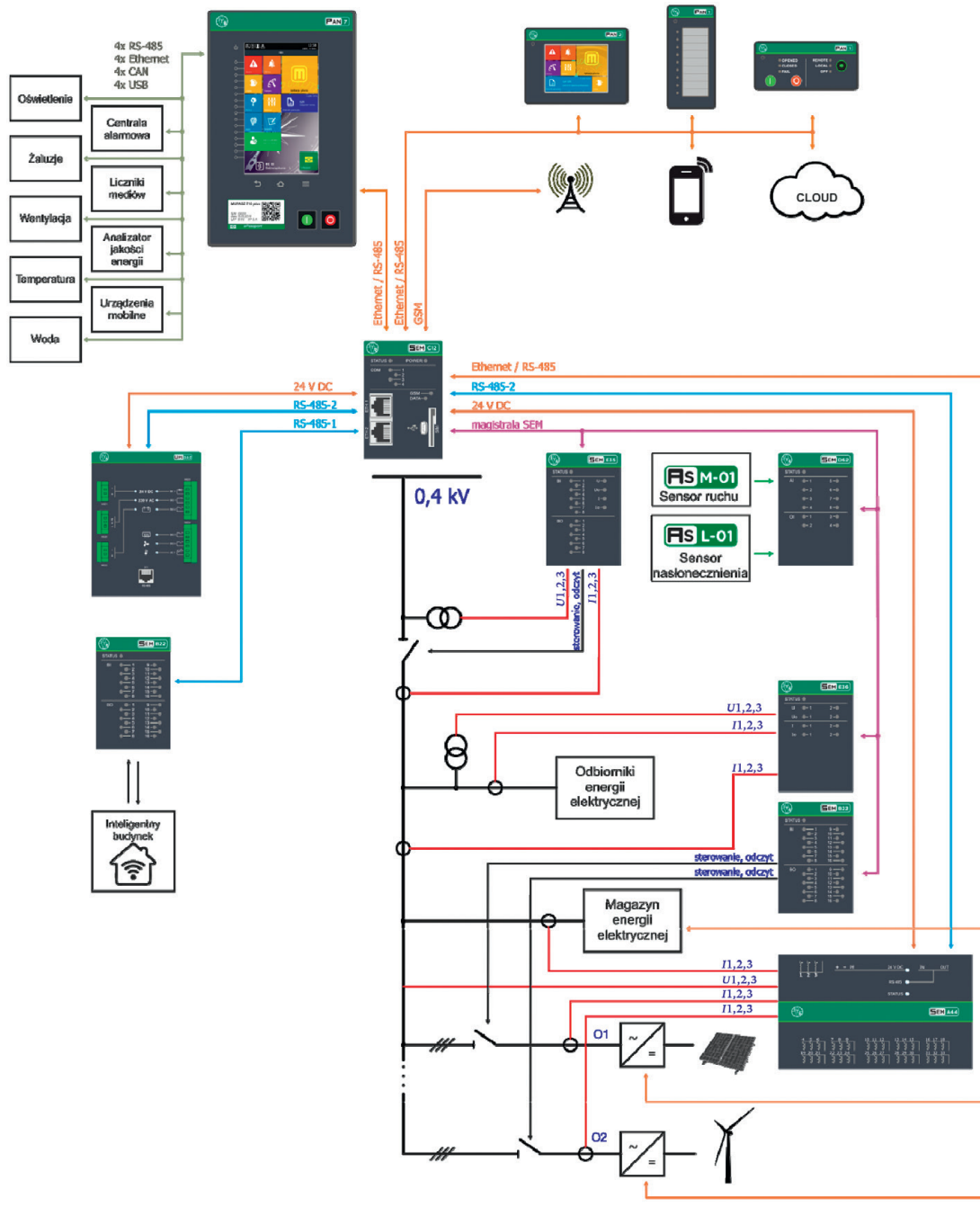
- magazyn energii o pojemności 30 kW
- bateria słoneczna o mocy 580 W
- czujnik nasłonecznienia
- UPS do niezależnego zasilania systemu SEM
- przetworniki prądowe CR oraz CRR
- czujnik drgań transformatora (opcjonalnie).

Moduł C12 pełni funkcję koncentratora danych pochodzących ze wszystkich modułów oraz huba komunikacyjnego obsługującego różne protokoły i zbierającego informacje o stanie wszystkich elementów znajdujących się w obrębie stacji. Za jego pośrednictwem można przeprowadzić zdalną konfigurację modułów oraz zaktualizować ich oprogramowanie.

Moduł ma wbudowany mechanizm obsługi logiki użytkownika, dzięki któremu można w prosty sposób, za pomocą oprogramowania narzędziowego o nazwie Edytor Funkcji Logicznych (EFL), dostosować sterownik do lokalnych potrzeb obiektu. Oprogramowanie to umożliwia tworzenie własnych systemów zabezpieczeń, na podstawie gotowych algorytmów zabezpieczeń i automatyki oraz za pomocą znanych elementów elektroniki cyfrowej, takich jak: bramki logiczne, przerzutniki, de/multiplexery, timery i liczniki,

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 27–34. When referring to the article please refer to the original text.

PL



Rys. 1. Schemat blokowy systemu Prosument Eco Smart (PES) z przykładowym zastosowaniem

komparatory, porty wejść i wyjść binarnych, zdarzenia oraz gotowe algorytmy zabezpieczeń prądowych, napięciowych, częstotliwościowych i układy do kontroli stanu oraz sterowania łącznikami, a także wielu innych typów bloków funkcjonalnych. EFL stanowi narzędzie do zarządzania systemem w zakresie konfiguracji, modyfikacji nastaw, reprogramowania logiki cyfrowej, sterowania dostępnymi łącznikami, personalizacji. Jedno z okien programu, dotyczące programowalnej logiki, zostało przedstawione na rys. 4. Poprzez łącze GSM moduł C12 komunikuje się z systemem SCADA, zlokalizowanym

w centralnej dyspozytorni operatora, przekazując mu wszystkie zebrane w stacji informacje. W urządzeniu zaimplementowano następujące protokoły:

- DNP 3.0
- IEC 60870-5-104
- MODBUS-TCP
- MODBUS-RTU
- obsługa modemu GSM.

Moduły E31 i E35 służą do:

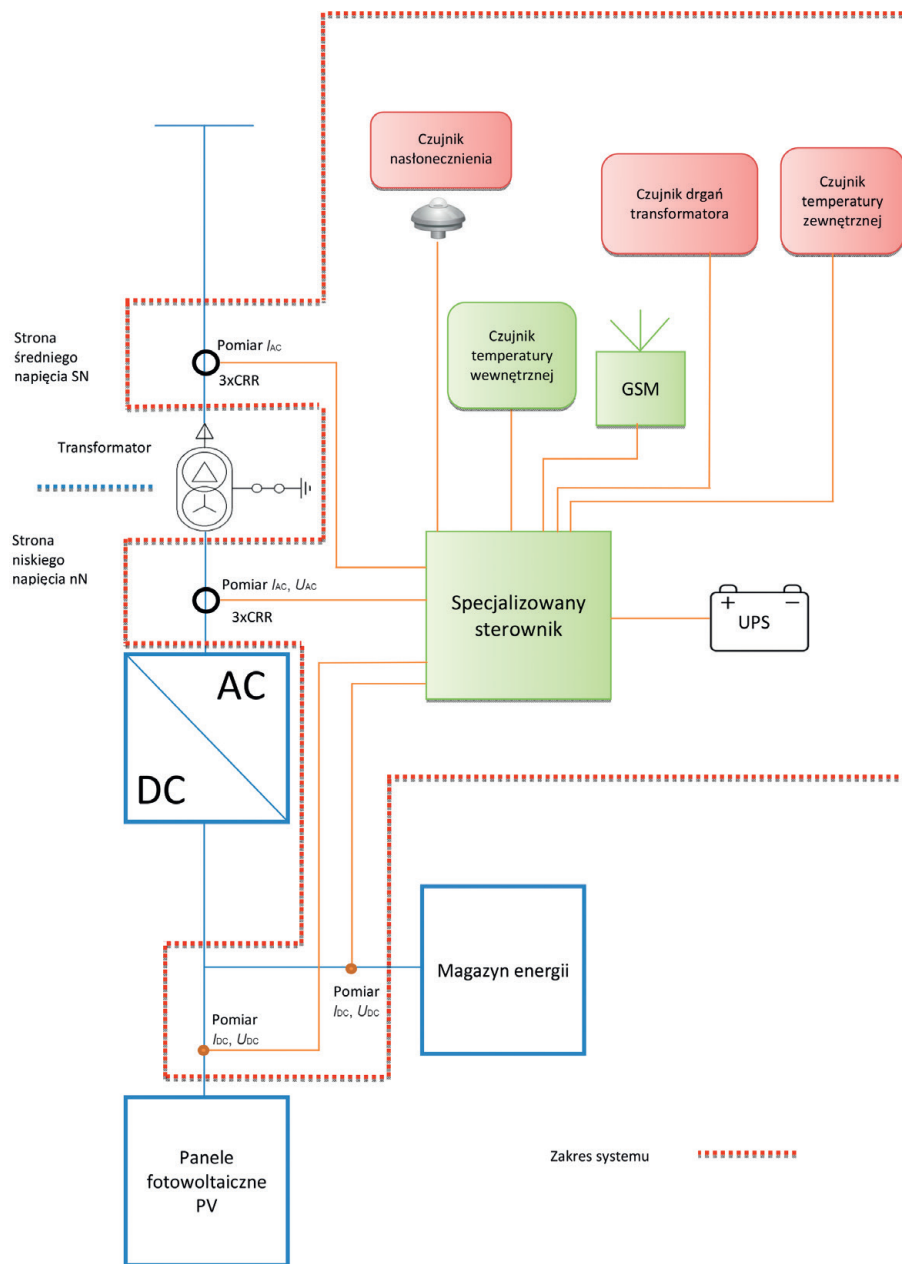
- zbierania informacji pomiarowych z przetworników prądowych CR/CRR
- zbierania informacji pomiarowych o napięciu po stronie nN

- zbierania informacji pomiarowych o składowej zerowej prądu i napięcia
- zbierania informacji dwustanowych o stanie łączników, blokadach
- sterowania łącznikiem głównym oraz sygnalizacji alarmów.

W celu odseparowania głównego elementu systemu, czyli sterownika SEM, od zasilania stacyjnego i zwiększenia niezawodności pracy całego systemu sterownik SEM zasilany jest za pośrednictwem zasilacza buforowego UPS 24-2, współpracującego z dwoma akumulatorami 12 V. Gwarantuje on kilkugodziną stabilną pracę systemu w przypadku utraty napięcia zasilania.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 27–34. When referring to the article please refer to the original text.

PL



Rys. 2. Schemat blokowy systemu do zarządzania stacją transformatorową zastosowany na obiekcie inny

Dodatkowo UPS 24-2 przy użyciu czujnika PT100 mierzy temperaturę wewnątrz szafy. Ma on wbudowany mechanizm pozwalający na stabilizację temperatury, tak by zapewnić optymalne parametry termiczne zarówno dla systemu, jak i dla akumulatorów. Do wyjść zasilacza buforowego podłączony jest ogrzewacz półprzewodnikowy o mocy 30 W oraz wentylator zapewniający wymianę powietrza w szafie.

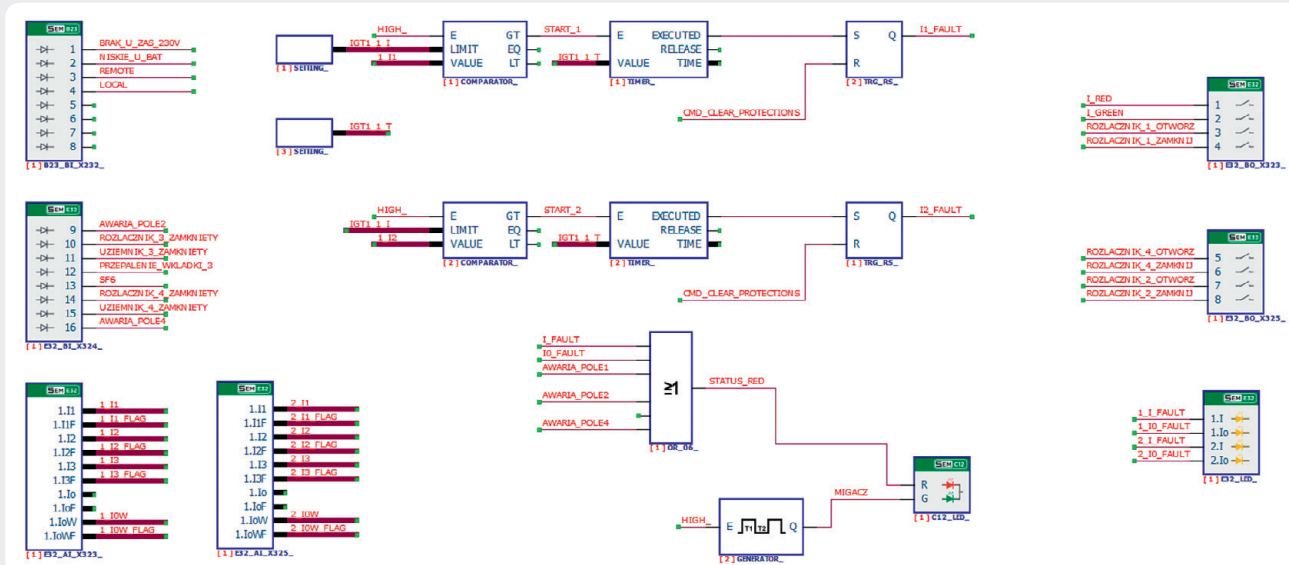
Do pomiaru natężenia promieniowania słonecznego jest wykorzystywany sensor AS L-01. Sensor umożliwia określenie natężenia oświetlenia w bardzo szerokim zakresie, dla pasma widzialnego i dla pasma podczerwieni. Sensor służy do oceny skuteczności działania ogniw fotowoltaicznych w zależności od poziomu nasłonecznienia.



Rys. 3. Sterownik modułowy SEM

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 27–34. When referring to the article please refer to the original text.

PL



Rys. 4. Ekran tworzenia logiki użytkownika

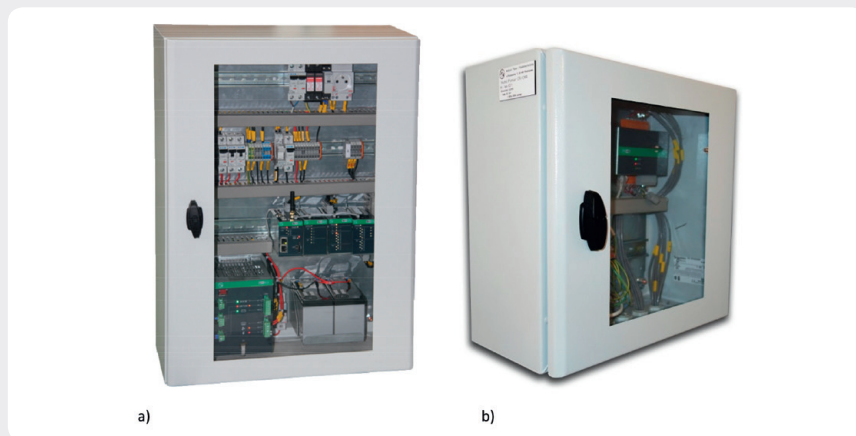
Na sprawność działania ogniw fotowoltaicznych mają wpływ czynniki zewnętrzne, takie jak temperatura, poziom zabrudzenia ognia czy opad atmosferyczny. Kontrola mocy generowanej przez ogniwo w stosunku do poziomu nasłonecznienia ma dostarczyć obsłudze stacji informacji umożliwiających odpowiednią eksploatację ogniw.

Do pomiarów prądów przemiennych sieci nN i SN użyto przetworników prądowych typu CR2-25 oraz CRR1-50. Pomiar prądu jest realizowany w kilku punktach, tak by można było skutecznie ocenić sprawność działania całego systemu. Tak więc pomiar prądu wykonywany jest:

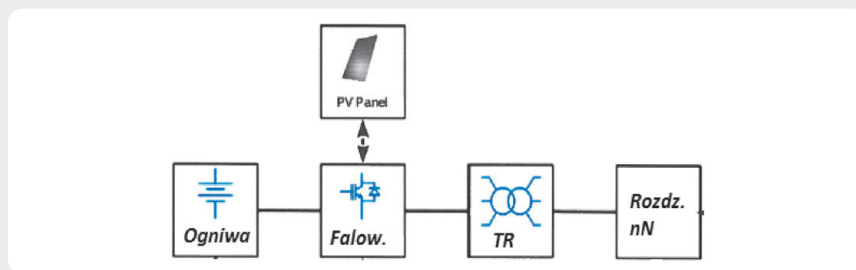
- po stronie SN na dojeździe kablowym do stacji
- zbiorczy po stronie niskiego napięcia za transformatorem
- na wyjściu z baterii fotowoltaicznej
- na wyjściu z magazynu energii
- na wszystkich 12 odpływach zasilających odbiorców końcowych.

Przetworniki prądowe działające na zasadzie cewki Rogowskiego zdobywają obecnie dużą popularność ze względu na bardzo dobre parametry elektryczne, małą masę, niewielkie gabaryty oraz niską cenę. Małe gabaryty umożliwiają optymalizację pod względem mechanicznym pól rozdzielczych. Nie bez znaczenia jest również cena kilkukrotnie niższa od ceny klasycznych przekładników prądowych.

Pomiar na odpływach do klientów końcowych realizowany jest w oddzielnej szafie wyposażonej w moduły pomiarowe SEM_A41, a informacja o pomiarach jest przesyłana do jednostki centralnej SEM_C12 po łączu transmisyjnym. Dzięki temu zoptymalizowano odległości pomiędzy przetwornikami pomiarowymi a urządzeniem pomiarowym. Zdecydowanie łatwiejsze jest przesłanie zbiorczej informacji o pomiarach za pomocą medium transmisyjnego niż przewodami z kilkudziesięciu przetworników pomiarowych. Ponadto takie podejście zmniejsza koszty materiałów, robocizny oraz zwiększa ergonomię samej stacji.



Rys. 5. a) Jednostka centralna systemu zawierająca: specjalizowany sterownik, zasilacz buforowy UPS, czujniki temperatury wewnętrznej oraz łącze GSM; b) Jednostka pomiarowa systemu Prosument Eco Smart zawierająca moduły A41 do pomiaru prądów z przekładników CR/CRR



Rys. 6. Schemat blokowy układu (oprac. własne)

Pomiar napięć i prądów stałych odbywa się w zlokalizowanym w stacji magazynie energii, a wyniki są przekazywane do systemu za pomocą protokołu MODBUS. System może być rozbudowywany o panele operatorskie typu PAN 7. Panel PAN 7 służy do wizualizacji stacji, wyświetlania wartości pomiarowych oraz umożliwia sterowanie łącznikami zlokalizowanymi na stacji.

4. Układ magazynu energii

W ramach prac badawczo-rozwojowych innogy Stoen Operator (innogy SO) opracowało i wdrożyło pierwszy w Warszawie magazyn energii w stacji SN/nN (stacja elektroenergetyczna średniego napięcia). Układ o pojemności ponad 30 kWh został zbudowany z wykorzystaniem baterii litowo-jonowych i dodatkowo zasilany niewielkim

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 27–34. When referring to the article please refer to the original text.

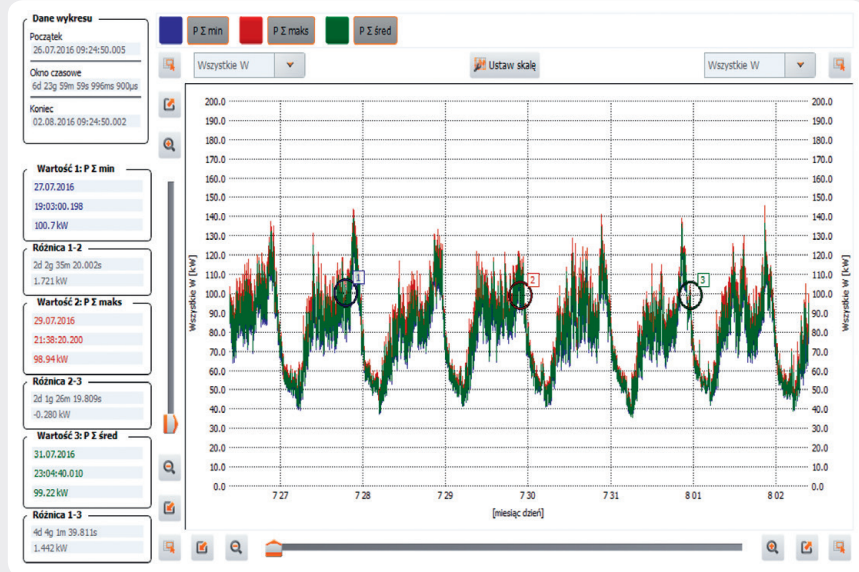
PL

układem paneli fotowoltaicznych, zlokalizowanych na dachu stacji zgodnie ze schematem blokowym przedstawionym na rys. 6. Realizacja projektu implementacji układu magazynowania w stacji SN/nN jest wynikiem dążenia innowacyjnej SO do poszukiwania nowych technologii, które pozwolą w bezpieczny i dynamiczny sposób odpowiadać na zmienne zapotrzebowanie nie tylko odbiorców energii elektrycznej, ale również prosumentów. Odbiorca zlokalizowany blisko prosumenckiego źródła energii oczekuje stabilnego napięcia, a prosument oczekuje pewności odbioru energii, a te mogą zapewnić m.in. magazyny energii zlokalizowane w pobliżu prosumenckich instalacji wytwórczych.

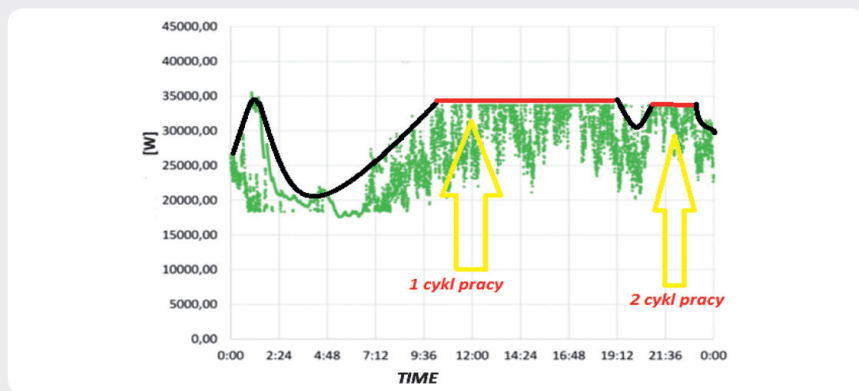
Główną zasadą pracy układu jest ładowanie układu bateryjnego w czasie minimalnego poboru mocy przez stację elektroenergetyczną średniego napięcia w cyklu dobowym, a rozładowywaniu w okresie szczytu, rys. 7. W układzie zaimplementowano, oprócz trybu pracy zdalnego i lokalnego, również tryb autonomiczny oparty na algorytmie samouczenia. Polega on na analizie krzywej obciążenia stacji z poprzedniej doby i takim „wstrzykiwaniu” porcji energii do sieci, aby maksymalnie wyplaszczając potencjalne szczyty obciążenia. W trybie tym zasobnik ładuje się w okresie dolin obciążenia stacji. Planowany efekt pracy całego układu przedstawiono na rys. 8.

Pierwsze analizy skuteczności pracy systemu, w tym analizy właściwego działania algorytmu sztucznej inteligencji dowodzą skuteczności redukcji obciążenia poprzez zastosowany algorytm, rys. 9.

Wdrożenie układu magazynowania energii w stacji SN/nN w Warszawie jest projektem badawczo-rozwojowym, który ma dać odpowiedź m.in. na pytania dotyczące możliwości poprawy pewności zasilania dla klientów, realizacji nowych usług systemowych i techniczno-ekonomicznych uwarunkowań implementacji takich instalacji na szeroką skalę. Pilotażowa instalacja zostanie poddana wielu testom, w tym próbie wydzielenia wyspy (odłączenie stacji SN/nN od sieci zasilającej SN i podtrzymanie kluczowych klientów zasilanych z tej stacji) oraz sprawdzeniu współpracy układu: magazyn – sieć elektroenergetyczna.



Rys. 7. Średnie obciążenie stacji przed realizacją (strona nN)

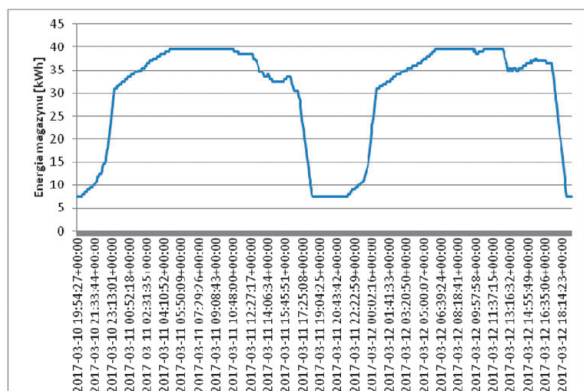


Rys. 8. Zakładana redukcja obciążenia po realizacji (strona nN)

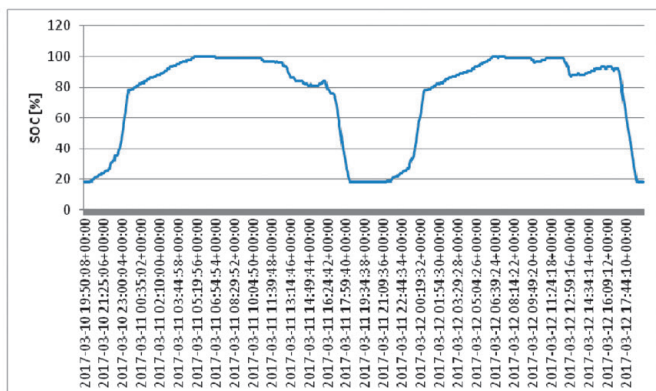
5. Podsumowanie

Opisane rozwiązanie jest skierowane do operatorów sieci elektroenergetycznych oraz zakładów przemysłowych wykorzystujących energię odnawialną. Ponadto

proponowane rozwiązanie może znaleźć zastosowanie w inteligentnych budynkach i w energetyce prosumenckiej, szczególnie w gospodarstwach rolnych i małych zakładach produkcyjno-usługowych, które będą



a)



b)

Rys. 9. a) Pojemność układu w weekend (pomiar rzeczywisty); b) Stan naładowania układu w weekend (pomiar rzeczywisty)

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 27–34. When referring to the article please refer to the original text.

PL



Rys. 10. Magazyn energii

zainteresowane produkcją energii elektrycznej na własne potrzeby. Dużą korzyścią realizowanego projektu jest rozszerzenie oferty rozwiązań dla sieci Smart Grid oraz możliwość integracji systemu z innymi rozwiązaniami wykorzystującymi sterownik modułowy SEM, np. z systemem lokalizacji i izolacji miejsca zwarcia lub systemem inspekcji przyrządów temperatur.

Skalowalność rozwiązania pozwala na jego rozbudowę o dodatkową funkcjonalność, taką jak kontrola zwarć po stronie SN, kontrola obciążalności transformatora (pomiar prądów i temperatury), nieautoryzowany dostęp do obiektu. Duża swoboda w doborze modułów, łatwa rekonfiguracja liczby i typów obsługiwanych modułów, mechanizm obsługi logiki

użytkownika, możliwości komunikacyjne oraz panele operatorskie z nowoczesnym GUI (z 7-calowym ekranem z funkcją multi-touch), pozwalają dostosować system do potrzeb wymagających klientów.

Bibliografia

1. Przybysz R., Wlazło P., System zarządzania mikroelektrowniami OZE, *Wiadomości Elektrotechniczne* 2014, nr 6.
2. Kowalski G. i in., Układy pomiarowe z bezrdzeniowymi przetwornikami w sieciach energetycznych, *Elektronika* 2015, nr 11.
3. Lisowiec A., Kowalski G., Bezrdzeniowe przetworniki prądowe o konstrukcji rozłączalnej, *Wiadomości Elektrotechniczne* 2014, nr 9.
4. Andrzejewski M., Przybysz R., Wlazło P., SEM – modułowy sterownik Smart Grid do węzłowych stacji transformatorowych SN/nn, *elektro.info* 2015, nr 9.
5. Michalski P., Przybysz R., Wlazło P., Aplikacje modułowego sterownika SEM w sieciach Smart Grid, *Urządzenia dla Energetyki* 2016, nr 6.
6. Andrzejewski M., Wlazło P., Logika programowalna w urządzeniach EAZ dla sieci Smart Grid, *Wiadomości Elektrotechniczne* 2013, nr 11.

Przemysław Angielczyk

mgr

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: przemyslaw.angielczyk@itr.org.pl

Ukończył studia na Politechnice Warszawskiej. Specjalista badawczo-techniczny. Zajmuje się zagadnieniami związanymi z: wdrożeniami, logiką użytkownika w sterownikach polowych oraz sieciami Smart Grid.

Łukasz Sosnowski

mgr inż.

Politechnika Warszawska / innogy Stoen Operator

e-mail: lukasz.sosnowski@innogy.com

Doktorant na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej (Instytut Elektrotechniki Teoertycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych), jednocześnie specjalista innogy Stoen Operator. Zajmuje się tematyką Smart Grid, pracami R&D oraz wdrażaniem nowych technologii.

Anna Kołtun

inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: anna.koltun@itr.org.pl

Studentka Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej na kierunku elektrotechnika, specjalność elektronika przemysłowa. Jej zainteresowania zawodowe obejmują: zagadnienia związane z logiką użytkownika w sterownikach polowych oraz sieciami Smart Grid.

Maciej Rup

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: maciej.rup@itr.org.pl

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (2001), kierunku elektroenergetyka, oraz Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej (2005), kierunku zarządzanie i marketing. Sprawuje funkcję kierownika Zakładu Komerccjalizacji i Wdrożeń. Autor ok. 30 publikacji.

Łukasz Sapuła

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: lukasz.sapula@itr.org.pl

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (2006), kierunku elektrotechnika, specjalność automatyka elektroenergetyczna. Asystent zajmujący się zagadnieniami związanymi z wdrożeniami sterowników polowych.