

The Power Substation Smart Management SSC System as a Smart Grid Element

Authors

Paweł Wlazło
Radosław Przybysz
Krzysztof Broda
Maciej Rup
Anna Kołtun
Grzegorz Wojtaś

Keywords

SSC Smart Grid, SAIDI, SAIFI, MAIFI, SEM 2, SEM SC11, electrical apparatus, AMI

Abstract

Power supply continuity improvement is one of the most important challenges of electricity distribution operators. Indices need improvement at all voltage levels. However, special attention must be paid to MV/LV substations, which until now have been covered by remote management systems to a small extent. There are several thousands of such stations intended for upgrades each year. Also, the respective capital expenditures, if the upgrades also include Smart Metering, are very large. This makes it necessary to adapt existing, or develop new, solutions to meet the operators' requirements of the remote monitoring and control functionality, versatility, reliability and security. This paper presents new solutions for AMI/SG cabinet equipment for switchgear control and MV/LV substation monitoring. The solutions are parts of the SSC (Smart Station Control) system based on SEM modular controller.

DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2018404

Received: 10.05.2017

Accepted: 17.07.2017

Available on-line: 15.03.2019

1. The SSC system

A block diagram of the SEM and SEM 2 modular controllers and PAN series operator panels-based SSC Smart Station Control system is shown in Fig. 1. The system integrates the functionality of substation telemechanics, measurements, protections and automatic devices, switchgear control, and key switchgear wear monitoring and reporting.

The SSC system's central element is SEM Cxx module, which combines the communication and substation control logic implementation functionalities. With PAN 7/PAN 3 operator panels the current operating status of all system components can be viewed, the configuration data can be edited, and the designed substation operation logic can be altered [2]. Aggregated in the central unit data from each distribution bay can be read by RDR (district power dispatch centre) system via a dedicated wireless GSM standard and DNP 3.0, IEC 60870-5-104 and MODBUS-TCP/RTU protocol link. The distribution bays can be equipped with SEM SC11 switchgear controllers and a voltage and current

measuring binary and analogue I/O module. Current is measured through CR/CRR air-core current transducers [5, 6, 7], and voltage is measured through resistive voltage dividers. The use of sensors with linear processing characteristics for the measurements allows to extend their dynamic range as a function of the measured signal's amplitude and frequency alike. The switchgear is locally controlled via the PAN 1/PAN 3 operator panels located in its immediate vicinity. An example of PAN 1 panel installation in a TPM series switchgear and control gear assembly's integrated switching device is shown in Fig. 2. In this example the SEM SCxx controller controls and monitors a disconnect/earthing switch -pick-up.

2. Power supply

All SSC system components are 24 V DC supplied. The system's uninterruptible power supply is provided by a 24-2 series UPS with two 12 V batteries of a capacity adequate to the switchgear and system operation maintenance demand. In addition, with

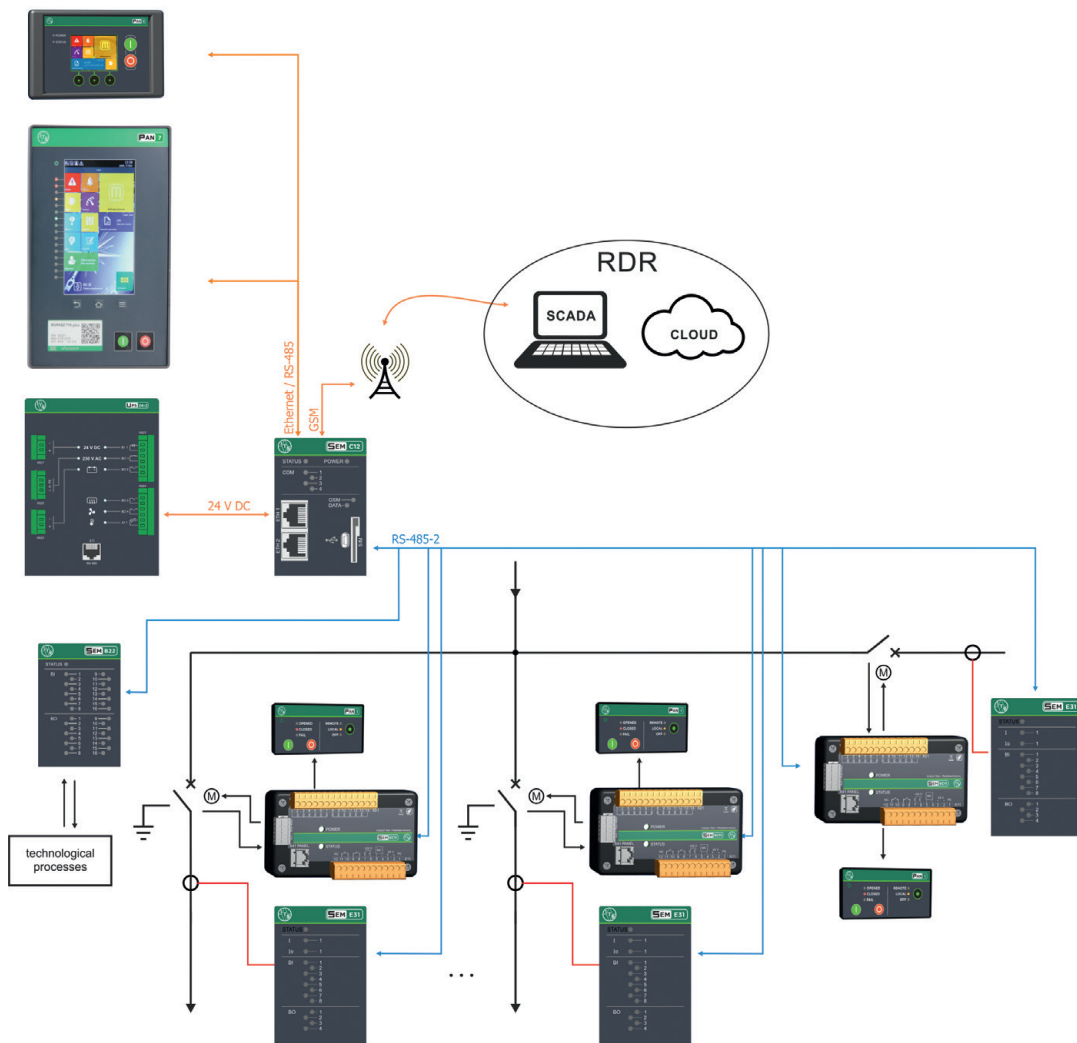


Fig. 1. Block diagram of the SSC system

the UPS the environmental conditions, i.e. operating temperature and humidity, are stabilised. Additionally, in the system's controllers and modules a power supply to backup switching mechanism is implemented. In such a case, the system does not allow switching operations, but only maintains the communication with operator panels and SCADA system.

3. Switchgear control

The main element of any MV switchgear and control gear assembly is the switching device (switch, disconnector, disconnector/earthing switch), which performs power switching operations as well disconnects the circuit in an emergency. On the reliable switchgear operation depends the safety of people working at the switchgear and control gear assembly, as well as of those apparently not directly related to the power infrastructure. For example, a damage to an overhead line (e.g.: collapse of a MV line wire to the ground) may generated a touch voltage at the point of failure. When the switchgear fails to react to such a case, it may pose a threat to the safety and life of bystanders close to where the line has collapsed. To achieve a switching device's high degree of reliability, its periodic technical inspections are necessary. In accordance with the operating regulations, such an inspection

includes the device's visual survey and functional check, and this operation is repeated at specified intervals. Potential failure that may arise in between the inspections can be detected only at the next check. Therefore, there is a risk of the switchgear's failure to react to an emergency.

Progress in the development of electronics and ICT systems allows for more and more accurate hardware wear diagnosis without human interaction. The use of autonomous monitoring systems allows for ongoing hardware wear analysis and the collected data-based prediction of potential damages that may occur in the hardware operation.

An example of the aforementioned technologies is the SEM SC11 controller (Fig. 3), which in the SSC system performs the functions of a smart controller of switching devices. The controller analyzes the device's operating status on an ongoing basis and, based on the implemented operating logic, detects damages, including jams, of its mechanisms. Depending on the type of damage detected, the controller performs a repair procedure to restore the device operation. For example, the detection of a switch mechanism's jam triggers a procedure to bring the switch back to the starting position and perform the requested operation again. The SEM SC11 controller reports details of the current



Fig. 2. PAN 1 panel installed in PRM assembly



Fig. 3. SEM SC11 controller



Fig. 4. PAN 1, PAN 3 and PAN 7 operator panels

operating state and/or a failure and its type to the SCADA supervisory control system.

In addition, using its CPU's computational capabilities and based on predictive analysis of aggregated operating data and inference rules, the controller resolves to report the switching device's excess of the permissible wear and the potential for a failure to the SCADA system.

The SEM SC11 is equipped with reinforced relay-semiconductor binary outputs for the direct control of connectors with a load capacity of up to 15 A, and a relay-semiconductor binary output with variable polarization and 16 A load capacity for controlling the switching device's spring tensioning motor. The module can operate autonomously or with telemechanical controllers, for example with SEM Cxx modules thus setting the basic level of a scalable system for smart power substation management. The module communicates with its environment (master systems,

	PAN 1	PAN 3	PAN 7
Signal LEDs	•	•	•
Buttons	•	•	•
Display		•	•
PLC programmable logic			•
Expansion cards			•
Ethernet/GSM			•
HTTP server			•
e-Passport			•

Tab. 1. Operator panel features

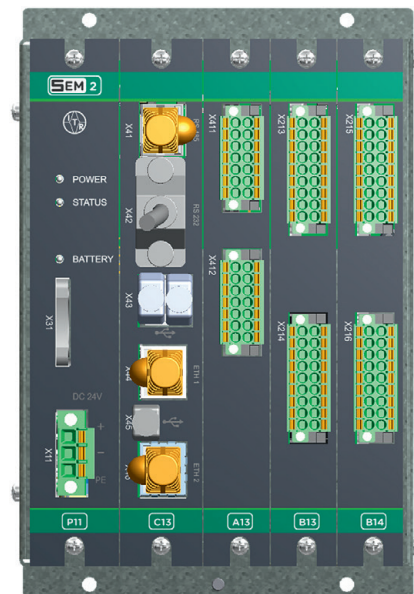


Fig. 5. SEM 2 controller

software tools, HMI panels) over RS 485 links. With the interoperability with ELF application, its operation mode can be fully programmed, including:

- monitoring and reporting alarms from the switching device condition checks
- control mode selection: none, local, or remote
- close/open control cycle, with consideration of the control mode
- mechanism of the switch's remote or local unlocking in the event of its jam in a transient state (switching device interlocking) after an unsuccessful control cycle
- configuration of the controller's and/or communication ports' operating parameters
- setting the logic and recorders operating profile
- forcing a test mode of operation.

Local/remote openings and closing counters, event and switching operation recorders, and specialized algorithms for controlling various types of switches are implemented in the SEM SC11 controller. Each open or close command triggers the recorder, which records the values of binary inputs and outputs, logic signals and the measured switch motor controlling current. The recording time is 20 s. If a switching operation

related irregularity has been detected, it is permanently saved in the non-volatile memory.

4. Operator panels

The detachable PAN type HMI operator panels (Fig. 4) can be used freely depending on the needs (Tab. 1). The ultra-thin PAN 1 and PAN 3 panel are dedicated for the connection to SEM SC11 and SEM2 controllers. PAN 3 with the screen allows the device's local configuration without the need to use the ELF utility software.

The PAN 1, PAN 3, PAN 7 panels are designed for the HMI visualisation of the operating status of devices and systems, such as: SEM modular controllers, MUPASZ/MIZAS field controllers, and GIT, CFI, PES, PVE, SSC systems [3]. The solution's versatility allows you to combine any number and types of panels. Communication with the panels uses links such as: Ethernet, RS422/488, and WiFi. For solutions with size and weight constraints, the ultra-thin and compact PAN 1 and PAN 3 panels are designed. For solutions where universality and scalability, as well as future expansion with additional modules, are particularly required, the PAN 7 panel is designed (Tab. 2), which also features the following functionalities:

	Extension module 1	Extension module 2	Extension module 3	Extension module 4
RS-485	•	•	•	•
RS-422	•	•	•	•
RS-232	•	•	•	•
CAN-BUS/PPM2	•		•	
GSM modem	•		•	
100 MBit Ethernet	•	•	•	•
USB	•	•	•	•
BI3 – binary inputs	•	•	•	•
FI3 – potential-free inputs	•	•	•	•
BO3 – binary outputs	•	•	•	•
AI3 – 4-20 mA inputs	•	•	•	•
AI3 – 0-10 V inputs	•	•	•	•
AO3 – 4-20 mA outputs	•	•	•	•
AO3 – 0-10 V outputs	•	•	•	•
AI3 – PT-100 inputs	•	•	•	•
AI3 – NTC/PTC inputs	•	•	•	•
DI1 – vibration, temperature, and insulation sensor input	•	•	•	•

Tab. 2. PAN 7 panel extension modules

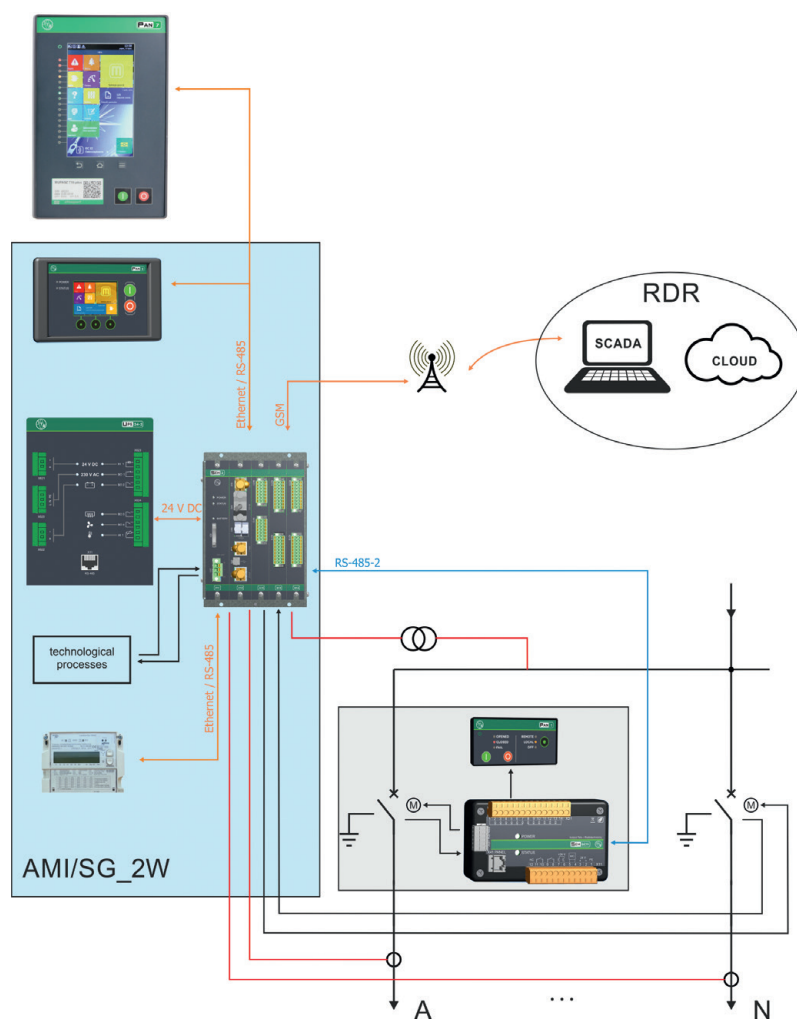


Fig. 6. Block diagram of AMI/SG cabinet applications using SSC system

- concentrator of data from many devices and a computer network
- coordinator of energy meters
- HMI operator panel
- programmable PLC controller.

5. Smart Grid controller

The SEM 2 controller has been designed specifically for AMI/SG smart cabinets. Its modular design with extension cards allows any configuration and expansion along with the operational needs and Smart Grid technology development. The controller consists of the following modules:

- Pxx – power supply module
- Cxx – central module (communication and logic support)
- Axx – analogue I/O module
- Axx – binary I/O module.

The basic modules in each version of the controller are Pxx and Cxx. The other modules are included depending on the configuration. There are two enclosure versions, one or two-row, which can hold 4–10 modules. Fig. 5 shows an example of the single-row enclosure with five modules.

The fast module replacement and automatic reconfiguration minimises the repair time of a damaged controller, effectively reducing the failure duration. The controller's architecture allows its flexible expansion. New requirements do not necessitate the controller's replacement at the substation, but only some module additions and/or changes, and software updates. This already now ensures the interoperability with future Smart Grids.

6. AMI/SG cabinet

Fig. 6 shows a block diagram of SSC system components for the implementation of integrated AMI/SG measurement and control systems. The AMI infrastructure's purpose is to monitor the MV/LV grid in terms of quality parameters, SAIDI, SAIFI, and MAIFI electricity supply continuity indicators [2], failure (earth fault, short circuit, line overload) detection, and remote control. The presented version is an interior 2-bay switchgear and control

gear assembly with an independent switching device on each outfeed. The bays are monitored and controlled by an integrated modular SEM 2 controller, which measures 16 currents and voltages, 48 binary inputs and 16 binary outputs. The feeder bay A is controlled by SEM SC11 module, which via a communication link transfers the switching device status details and control signals to SEM 2 controller. The switch status is locally identified and controlled by PAN 1 operator panel. In the bay N, control signals and the switch status details are transferred directly to SEM 2 controller. Power supply continuity is assured by UPS with 24 hours autonomy. Communication with the RDR system is carried out via radio using GSM technology.

7. Summary

The presented solutions are in line with the MV/LV power infrastructure modernization needs. With its modern approach to communication needs of remote monitoring systems, user needs with regard to object operation logic, in particular switchgear control, metering and user interfaces, and power supply reliability, the smart substation management system SSC is the right solution. Due to its scalability and distributed module assembly, it can be easily adapted to upgraded and newly built substations. The features and algorithms implemented in the SSC system's SEM controllers and modules facilitate online monitoring of the MV/LV grid and substation equipment performance's quantitative and qualitative parameters, which translates directly into the determination of SAIDI, SAIFI, and MAIFI electricity supply continuity indicators. With their modern hardware solutions, the system elements are compact and energy-efficient, which is important in view of the system's battery powering. The solution's additional advantage is its low price and connectability with other systems, e.g. CFI (fault location and isolation, PES (*Prosumant Eco Smart*) and IGIT (temperature rise inspection).

REFERENCES

1. www.energetyka.org.pl.
2. Andrzejewski M., Wlazło P., "Logika programowalna w urządzeniach EAZ dla sieci Smart Grid" [Programmable logic in power system automatic protection devices for Smart Grids], *Wiadomości Elektrotechniczne*, Vol. LXXXI, No. 11, 2013.
3. 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.
4. Broda K., Makowiecki K., Wlazło P., "Integracja systemu lokalizacji i izolacji miejsca zwarcia z inteligentnym systemem sterowania stacją elektroenergetyczną w sieciach Smart Grid" [Integration of the fault location and isolation system with the smart power substation control system in Smart Grids], *Urządzenia dla energetyki*, No. 11, 2016.
5. Michalski P., Przybysz R., Wlazło P., "Aplikacje modułowego sterownika SEM w sieciach Smart" [Modular SEM driver applications in Smart Grids], *elektro.info*, No. 9, 2016.

Specification	Value
No. of current inputs (incl. from CR/CRR current transducers)	16
No. of voltage inputs (incl. from resistive dividers)	16
No of analogue inputs PT100; 20mA; +/-10V	16
No. of binary I/O, max.	60/60 112/112
Communication links	RS-485/RS-232 Ethernet
Protocols	Modbus, DNP 3.0 IEC-104, CAN-BUS
Operating temperature	-25... +40°C
Dimensions	118 x 160 x 94 mm
Protection class	40 IP
Power supply	DC 17... 28 V

Tab. 3. SEM 2 controller specifications

6. Przybysz R., Wlazło P., "Automatyczne rozpoznawanie typu przetwornika prądowego podłączonego do urządzenia pomiarowego" [Automatic recognition of the type of current transducer connected to a measuring device], *Elektronika*, No. 6, 2016.
7. Nowakowski A. et. al., "Bezrdzeniowe przetworniki prądowe ITR w technologii PCB istotnym wkładem w rozwój sieci Smart Grids" [Air-core PCB technology enabled ITR current transducers are a significant contribution to the development of Smart Grids], *Elektronika*, No. 6, 2016.

Paweł Wlazło

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: pawel.wlazlo@itr.org.pl

Graduated in automation from the Faculty of Electronics at Warsaw University of Technology. Author of numerous scientific publications, incl. 9 in 2014. His professional interests include: matters related to ICT technology in power system's automatic protection, user's logic in field controllers, Smart Grids, as well as industrial and medical measuring and diagnostic equipment. Currently the head of the Center for Teleinformatics and Electronics

Radosław Przybysz

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: radoslaw.przybysz@itr.org.pl

A graduate of the Electrical Engineering Department at Warsaw University of Technology (2010). Now a researcher/engineer at the Tele and Radiotechnical Institute. Author of 15 publications. His professional interests include issues related to the design of microprocessor systems of a power grid's automatic controls and protections, as well as computer programming.

Krzysztof Broda

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: krzysztof.broda@itr.org.pl

A graduate of the Electrical Engineering Department at Warsaw University of Technology (1998). Now an assistant researcher/engineer at the Tele and Radiotechnical Institute. Author of numerous electrical power engineering publications. His professional interests include issues related to the design of microprocessor systems of power grid's automatic controls and protections.

Maciej Rup

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

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

A graduate of the Faculty of Electrical Engineering at the Warsaw University of Technology (2001) in electrical power engineering, and the Faculty of Production Engineering at the Warsaw University of Technology (2005) in management and marketing. Head of the Commercialization and Implementation department. Author of ca. 30 publications.

Anna Kołtun

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

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

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

Grzegorz Wojtaś

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: grzegorz.wojtas@itr.org.pl

Graduated in Electronic Apparatus from the Faculty of Electronics at Warsaw University of Technology. Author of numerous electrical power engineering publications. His professional interests include issues related to software for industrial controllers, implementation of programmable logic and communication solutions. Now an assistant researcher/engineer at the Tele and Radiotechnical Institute.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 41–46. When referring to the article please refer to the original text.

PL

System SSC do inteligentnego zarządzania stacją elektroenergetyczną jako element sieci Smart Grid

Autorzy

Paweł Wlazło
 Radosław Przybysz
 Krzysztof Broda
 Maciej Rup
 Anna Kołtun
 Grzegorz Wojtaś

Słowa kluczowe

SSC Smart Grid, SAIDI, SAIFI, MAIFI, SEM 2, SEM SC11, aparat elektryczny, AMI

Streszczenie

Poprawa ciągłości zasilania jest jednym z najważniejszych wyzwań operatorów dystrybucyjnych energii elektrycznej. Poprawa wskaźników dotyczy wszystkich poziomów napięć. Jednak szczególnej uwagi wymagają stacje SN/nN, które do tej pory w małym stopniu były objęte systemami zdalnego nadzoru. Liczba tego typu stacji przeznaczonych do modernizacji to kilka tysięcy obiektów rocznie. Wielkość nakładów inwestycyjnych – z uwzględnieniem, że modernizacja obejmie również Smart Metering – jest bardzo duża. Taka sytuacja powoduje konieczność dostosowania istniejących lub opracowania nowych rozwiązań, spełniających wymagania operatorów dotyczące funkcjonalności, uniwersalności, niezawodności oraz bezpieczeństwa związanego ze zdalnym monitoringiem i sterowaniem. Artykuł prezentuje nowe rozwiązania dotyczące wyposażenia szafek AMI/SG w zakresie sterowania aparaturą łączeniową oraz monitorowania i sterowania stacją SN/nN. Przedstawione rozwiązania są elementami systemu SSC (inteligentnego sterowania stacją elektroenergetyczną, ang. *Smart Station Control*), które bazują na sterowniku modułowym SEM.

Data wpływu do redakcji: 10.05.2017

Data akceptacji artykułu: 17.07.2017

Data publikacji online: 15.03.2019

1. System SSC

Schemat blokowy systemu SSC przeznaczonego do zarządzania inteligentną stacją elektroenergetyczną, wykorzystującego modułowy sterownik SEM, SEM 2 oraz panele operatorskich serii PAN – przedstawiono na rys. 1. System integruje w sobie funkcje telemechaniki stacyjnej, pomiarów, zabezpieczeń i automatyk stacyjnych, sterowania aparaturą łączeniową oraz mechanizmu monitorowania i informowania o stanie zużycia kluczowych elementów rozdzielnic.

Centralnym elementem systemu SSC jest moduł SEM Cxx, skupiający w sobie funkcje komunikacji i jednostki realizującej logikę sterowania stacją elektroenergetyczną. Za pośrednictwem paneli operatorskich typu PAN 7/PAN 3 możliwy jest podgląd bieżącego stanu pracy wszystkich elementów systemu, edycja danych konfiguracyjnych oraz zmiana zaprojektowanej logiki działania stacji [2]. Dane z każdego pola rozdzielczego zgromadzone w jednostce centralnej są możliwe do odczytu przez system RDR (rejonowa dyspozycja ruchu) za pośrednictwem dedykowanego łącza bezprzewodowego w standardzie GSM i protokołach DNP 3.0, IEC 60870-5-104 oraz MODBUS-TCP/RTU. Pola rozdzielcze mogą być wyposażone w sterowniki aparatów łączeniowych SEM SC11 oraz moduł wejść i wyjść binarnych i analogowych, realizujący pomiar napięć i prądów. Pomiar prądu realizowany jest za pośrednictwem bezróżnicowych przetworników prądowych typu CR/CRR [5, 6, 7], a pomiar napięcia za pośrednictwem rezystancyjnych dzielników napięcia.

Wykorzystanie do pomiaru sensorów, cechujących się liniową charakterystyką przetwarzania, pozwala na uzyskanie szerokiej dynamiki pomiaru, tak w funkcji amplitudy, jak i częstotliwości sygnału mierzonego. Lokalne sterowanie aparatami łączeniowymi realizowane jest za pośrednictwem paneli operatorskich PAN 1/PAN 3 umieszczonych w bezpośrednim sąsiedztwie aparatu. Przykładowe miejsce instalacji panelu PAN 1 w zintegrowanym aparacie łączeniowym rozdzielnic serii TPM przedstawiono na rys. 2. W zaprezentowanym przykładzie sterownik SEM SCxx realizuje sterowanie i monitorowanie rozdzielnic-uzmienników.

2. Zasilanie

Wszystkie elementy systemu SSC są zasilane napięciem stałym 24 V. Bezprzerwowe zasilanie systemu zapewnia UPS serii UPS 24-2, wyposażony w dwa akumulatory 12 V o pojemności dostosowanej do potrzeb aparatury łączeniowej i podtrzymania pracy systemu. Dodatkowo za pośrednictwem UPS realizowana jest funkcja stabilizacji warunków środowiskowych, tzn. stabilizacja temperatury pracy i wilgotności. Dodatkowo w sterownikach i modułach wchodzących w skład systemu jest zaimplementowany mechanizm przełączania zasilania na rezerwowe. W takim przypadku system nie pozwala na wykonywanie operacji łączeniowych, a jedynie zapewnia podtrzymanie komunikacji z panelami operatorskimi i systemem SCADA.

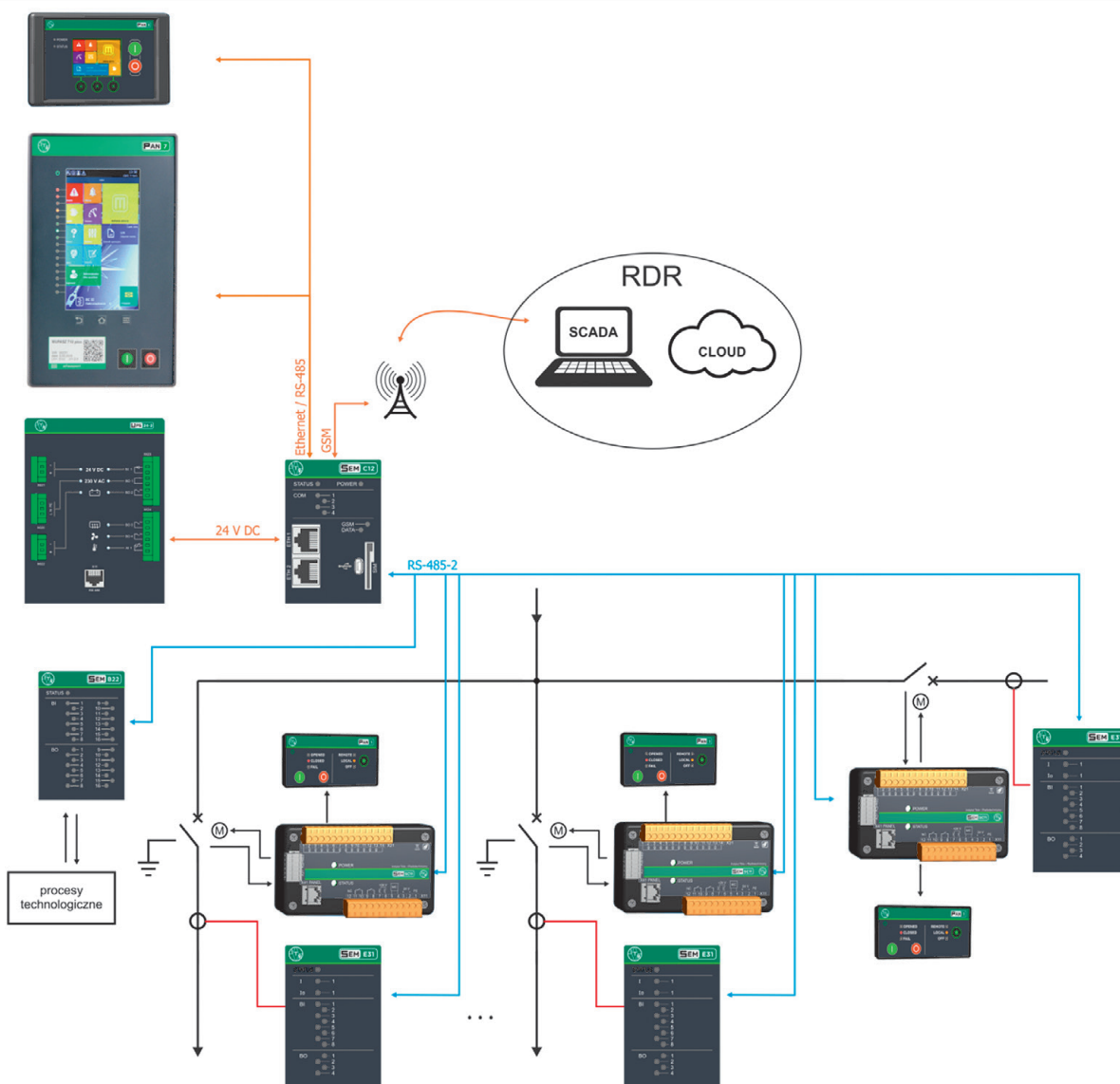
3. Sterowniki aparatury łączeniowej

Głównym elementem budowy każdej rozdzielnic elektroenergetycznej SN jest aparat łączeniowy (wyłącznik, rozłącznik, rozłączniko-uziennik), który jest odpowiedzialny za wykonywanie operacji ruchowych, jak i rozłączanie obwodu w sytuacjach awaryjnych. Od niezawodnego działania aparatu łączeniowego zależy bezpieczeństwo ludzi pracujących przy obsłudze rozdzielnic, jak i osób na pozór niezwiązanych bezpośrednio z infrastrukturą elektroenergetyczną. Przykładowo uszkodzenie linii napowietrznej (np.: upadek linii SN na ziemię) może skutkować powstaniem napięcia rażącego w miejscu awarii. Kiedy aparat w takim przypadku nie zadziała, może to zagrozić bezpieczeństwu i życiu osób postronnych, znajdujących się w pobliżu miejsca upadku linii. Chcąc osiągnąć wysoki stopień niezawodności działania aparatu łączeniowego, trzeba przeprowadzać cykliczne przeglądy techniczne. Zgodnie z przepisami eksploatacji przegląd taki uwzględnia oględziny wzrokowe, jak i sprawdzenie funkcyjne aparatu, a czynność ta jest powtarzana co określony czas. Potencjalna awaria, jaka może powstać w okresie pomiędzy przeglądami, będzie możliwa do wykrycia dopiero przy następnym przeglądzie. Istnieje za tym groźba wystąpienia niezadziałania aparatu w sytuacji awaryjnej.

Postęp w zakresie rozwoju elektroniki oraz systemów teleinformatycznych pozwala na coraz dokładniejsze diagnozowanie stanu zużycia elementów bez konieczności interakcji z człowiekiem. Wykorzystanie systemów autonomicznego monitoringu

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 41–46. When referring to the article please refer to the original text.

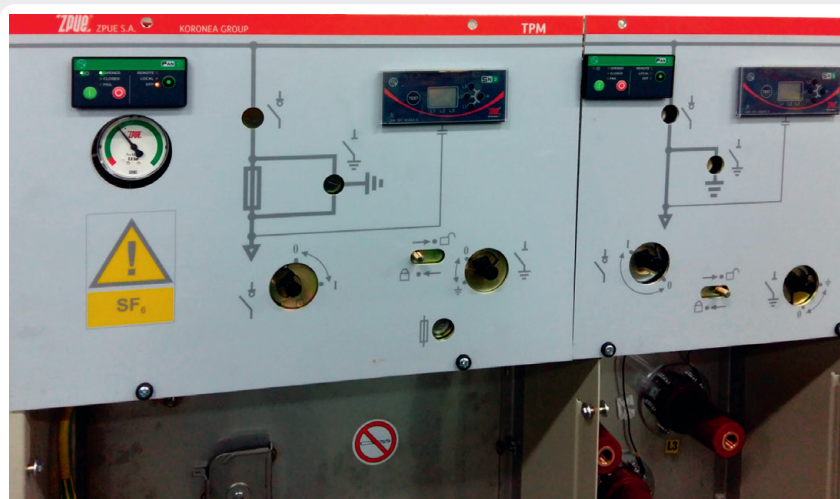
PL



Rys. 1. Schemat blokowy systemu SSC

pozwała prowadzić na bieżąco analizę stanu zużycia elementów oraz przewidywanie na podstawie zgromadzonych danych potencjalnych uszkodzeń, jakie mogą wystąpić w okresie eksploatacji.

Przykładem wyżej wspomnianych technologii jest sterownik SEM SC11 (rys. 3), który w systemie SSC realizuje funkcje inteligentnego sterownika aparatów łączeniowych. Sterownik na bieżąco analizuje stan pracy aparatu i w oparciu o zaimplementowaną logikę działania wykrywa uszkodzenia, w tym zacięcia mechanizmów aparatu łączeniowego. W zależności od typu wykrytego uszkodzenia, sterownik wykonuje procedurę naprawczą mającą na celu przywrócenie funkcjonowania aparatu. Przykładowo wykrycie zacięcia mechanizmu łącznika powoduje wywołanie procedury mającej na celu powrót łącznika do pozycji początkowej i ponowne wykonanie żądanej operacji. Sterownik SEM SC11 zgłasza do systemu kontroli i sterowania SCADA



Rys. 2. Widok zamontowanego panelu PAN 1 w rozdzielnicy TPM

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 41–46. When referring to the article please refer to the original text.

PL

informacje o bieżącym stanie pracy, wystąpieniu awarii oraz jej typie. Dodatkowo, wykorzystując możliwości obliczeniowe sterownika jednostki centralnej, przy wykorzystaniu analizy predykcyjnej na podstawie zagregowanych danych eksploatacyjnych oraz reguł wnioskowania, podejmuje decyzje o informowaniu systemu SCADA o przekroczeniu dopuszczalnego zużycia aparatu łączeniowego i możliwości wystąpienia potencjalnej awarii.

SEM SC11 wyposażony jest we wzmocnione wyjścia binarne przełącznikowo-półprzewodnikowe do bezpośredniego sterowania łącznikami o obciążalności do 15 A oraz wyjście binarne przełącznikowo-półprzewodnikowe o zmiennej polaryzacji i obciążalności 16 A do sterowania silnikiem naciągu sprężyny aparatu łączeniowego. Moduł może pracować autonomicznie lub ze sterownikami do telemechaniki, np.: z modułami SEM Cxx, tworząc podstawowy poziom skalowalnego systemu do zarządzania inteligentną stacją elektroenergetyczną. Moduł komunikuje się z otoczeniem (systemami nadrzędnymi, oprogramowaniem narzędziowym, panelami HMI) łączami RS 485. Dzięki współpracy z aplikacją ELF można w pełni zaprogramować sposób działania, w tym:

- tryb monitorowania i zgłaszania alarmów dotyczący kontroli stanu aparatu łączeniowego
- sposób zmiany trybu sterowania: brak, lokalnie lub zdalnie
- cykl sterowania na zamknij i otwórz z uwzględnieniem trybu sterowania
- mechanizm zdalnego i lokalnego odblokowania łącznika w przypadku jego zacięcia w stanie nieustalonym (blokada aparatu łączeniowego) po nieudanym cyklu sterowania
- skonfigurowanie parametrów działania sterownika oraz portów komunikacyjnych
- ustawienie profilu działania logiki oraz rejestratorów
- wymuszenie testowego trybu pracy.

W sterowniku SEM SC11 zaimplementowane są liczniki otwarć i zamknięć lokalnych/zdalnych, rejestratory zdarzeń i operacji łączeniowych oraz specjalizowane algorytmy do sterowania różnego typu łącznikami. Każde polecenie otwórz lub zamknij wyzwala rejestrator, który zapisuje wartości wejść i wyjść binarnych, sygnałów logicznych oraz wartość zmierzonego prądu sterującego silnikiem łącznika. Czas rejestracji wynosi 20 s. W przypadku wykrycia nieprawidłowości związanych z operacją łączeniową następuje trwałe zapisanie wartości w pamięci nieulotnej.

4. Panele operatorskie

Odłączalne panele operatorskie HMI typu PAN (rys. 4) mogą być stosowane dowolnie w zależności od potrzeb (tab. 1). Ultracienkie panele PAN 1 i PAN 3 są dedykowane do dołączania do sterowników SEM SC11 i SEM 2. PAN 3 z ekranem pozwala na lokalną konfigurację urządzenia, bez konieczności wykorzystania oprogramowania narzędziowego ELF.

Panele typu PAN 1, PAN 3, PAN 7 przeznaczone są do tworzenia wizualizacji HMI stanu pracy urządzeń lub systemów,



Rys. 3. Sterownik SEM SC11

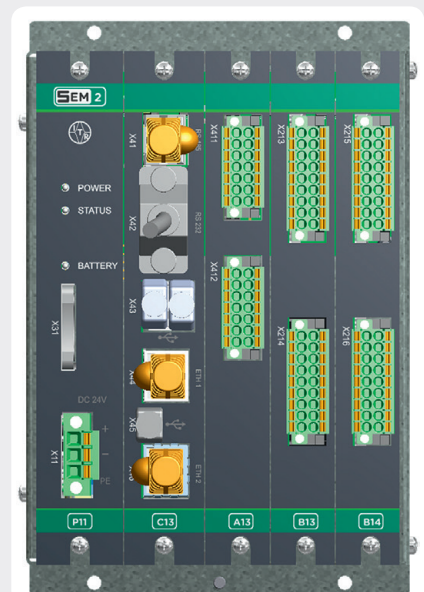


Rys. 4. Panele operatorskie PAN 1, PAN 3 i PAN 7

	PAN 1	PAN 3	PAN 7
Diody sygnalizacyjne	•	•	•
Przyciski	•	•	•
Wyświetlacz		•	•
Logika programowalna PLC			•
Karty rozszerzeń			•
Ethernet/GSM			•
Serwer http			•
e-Pasport			•

Tab. 1. Wyposażenie paneli operatorskich

takich jak: sterowniki modułowe SEM, sterowniki polowe typu MUPASZ/MIZAS, systemów GIT, CFI, PES, PVE, SSC [3]. Uniwersalność rozwiązania pozwala na łączenie dowolnej liczby oraz typów paneli. Łączność z panelami odbywa się przy wykorzystaniu łącz komunikacyjnych typu: Ethernet, RS422/488 oraz WiFi. Do rozwiązań, gdzie występują ograniczenia wymiarów i masy, dedykowane są ultracienkie panele typu PAN 1 lub PAN 3 charakteryzujące się kompaktową i zwartą budową. Do rozwiązań, gdzie kluczowym aspektem jest uniwersalność i skalowalność oraz możliwość przyszłej rozbudowy o dodatkowe moduły rozszerzeń,



Rys. 5. Sterownik SEM 2

dedykowany jest panel typu PAN 7 (tab. 2), który pełni jednocześnie funkcje:

- koncentratora danych z wielu urządzeń oraz sieci komputerowej
- koordynatora liczników energii

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 41–46. When referring to the article please refer to the original text.

PL

	Moduł rozszerzeń 1	Moduł rozszerzeń 2	Moduł rozszerzeń 3	Moduł rozszerzeń 4
RS-485	•	•	•	•
RS-422	•	•	•	•
RS-232	•	•	•	•
CAN-BUS/PPM2		•		•
Modem GSM		•		•
Ethernet 100 MBit	•	•	•	•
USB	•	•	•	•
BI3 – wejścia binarne	•	•	•	•
FI3 – wejścia bezpotencjałowe	•	•	•	•
BO3 – wyjścia binarne	•	•	•	•
AI3 – wejścia 4-20mA	•	•	•	•
AI3 – wejścia 0-10V	•	•	•	•
AO3 – wyjścia 4-20mA	•	•	•	•
AO3 – wyjścia 0-10V	•	•	•	•
AI3 – wejścia PT-100	•	•	•	•
AI3 – wejścia NTC/PTC	•	•	•	•
DI1 – wejście czujnika, m.in.: wibracji, temperatury, nasłonecznienia	•	•	•	•

Tab. 2. Moduły rozszerzeń panelu PAN 7

- panelu operatorskiego HMI
- sterownika programowalnego PLC.

5. Sterownik Smart Grid

Sterownik SEM 2 został zaprojektowany specjalnie pod kątem budowy inteligentnych szafek AMI/SG. Modułowa budowa w postaci kart rozszerzeń pozwala na dowolną konfigurację i rozbudowę sterownika w miarę potrzeb i rozwoju technologii związanych ze Smart Grid. Sterownik składa się z modułów:

- Pxx – moduł zasilacza
- Cxx – moduł centralny (obsługa komunikacji i logiki)
- Axx – moduł wejść i wyjść analogowych
- Bxx – moduł wejść i wyjść binarnych.

Podstawowym modulem w każdej wersji sterownika jest moduł Pxx oraz Cxx. Pozostałe moduły występują w dowolnej konfiguracji. Obudowa jest w wersji jedno- i dwurzędowej, może pomieścić 4–10 modułów. Na rys. 5 przedstawiono przykład obudowy jednorzędowej wyposażonej w pięć modułów.

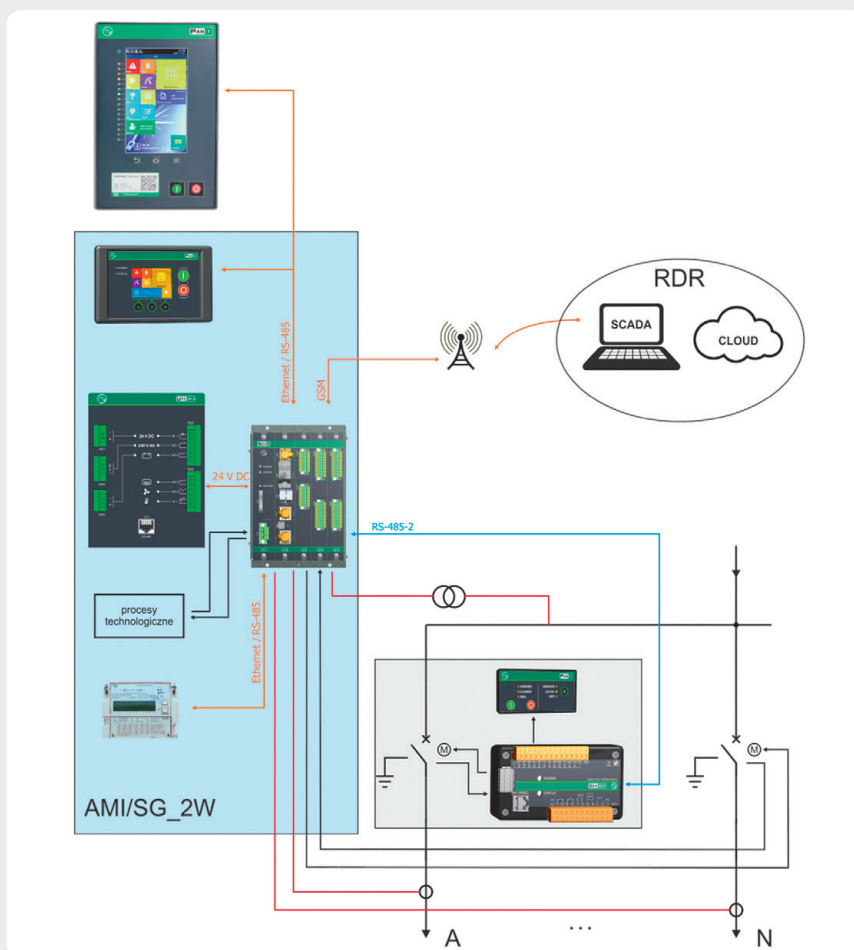
Szybkość wymiany modułów i automatyczna rekonfiguracja skraca czas naprawy uszkodzonego sterownika do minimum, a co za tym idzie efektywnie skraca czas trwania awarii. Architektura sterownika została tak zaprojektowana, aby umożliwić elastyczny rozwój sterownika. Nowe wymagania nie oznaczają wymiany sterownika na stacji, a jedynie dodanie, zmianę modułu i aktualizację oprogramowania. Pozwala to już dziś na zapewnienie interoperacyjności z przyszłymi powstającymi sieciami Sact Grid.

6. Szafka AMI/SG

Na rys. 6 przedstawiono schemat blokowy budowy elementów systemu SSC do celów realizacji zintegrowanych układów pomiarowo-sterujących AMI/SG. Zadaniem infrastruktury AMI jest monitorowanie sieci SN/nN pod względem parametrów jakościowych, wyznaczanie współczynników ciągłości dostaw energii elektrycznej SAIDI, SAIFI, MAIFI [2], wykrywanie awarii (doziemienia, zwarcia, przeciążenia linii) oraz zdalne sterowanie. Przedstawiony wariant ukazuje wewnętrzną rozdzielnicę 2-półową posiadającą niezależny aparat łączeniowy na każdym odpływie. Monitoring i sterowanie danym polem zapewnia zintegrowany modułowy sterownik SEM 2, realizujący pomiar 16 wielkości elektrycznych prądów i napięć, 48 wejść binarnych i 16 wyjść binarnych. W polu odbiorczym A zastosowano moduł sterujący SEM SC11, który za pośrednictwem łącza komunikacyjnego przekazuje informacje o stanie aparatu łączeniowego oraz sygnały sterujące do sterownika SEM 2. Lokalny odczyt stanu łącznika oraz sterowanie zapewnia panel operatorski PAN 1. W polu N sygnały sterujące oraz odczyt stanu łącznika przekazywany jest bezpośrednio do sterownika SEM 2. Ciągłość zasilania gwarantuje UPS o czasie podtrzymania do 24 godz. Komunikacja z systemem RDR realizowana jest na drodze radiowej przy wykorzystaniu technologii GSM.

7. Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule rozwiązanie wpisuje się w potrzeby modernizacyjne



Rys. 6. Schemat blokowy aplikacji szafek AMI/SG z wykorzystaniem systemu SSC

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 41–46. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Nazwa	Wartość
Liczba wejść prądowych (w tym z przetworników prądowych typu CR/CRR)	16
Liczba wejść napięciowych (w tym z dzielników rezystancyjnych)	16
Liczba wejść analogowych: PT100; 20mA; +/-10V	16
Liczba wejść/wyjść binarnych maksymalna liczba	60/60 112/112
łącza komunikacyjne	RS-485/RS-232 Ethernet
Protokoły	Modbus, DNP 3.0, IEC-104, CAN-BUS
Temperatura pracy	-25... +40°C
Wymiary	118 x 160 x 94 mm
Stopień ochrony	40 IP
Zasilanie	DC 17... 28V

Tab. 3. Parametry sterownika SEM 2

infrastruktury elektroenergetycznej na poziomie SN/nN. Nowoczesne podejście do potrzeb komunikacyjnych z systemami zdalnego nadzoru, potrzeb użytkownika w zakresie logiki działania obiektu, a w szczególności sterowania aparaturą łączeniową, opomiarowania oraz interfejsów użytkownika, pewności zasilania, powoduje, że system do inteligentnego zarządzania stacją elektroenergetyczną (SSC) jest właściwym rozwiązaniem. Uwzględniając jego skalowalność i rozproszony montaż modułów, można go łatwo dostosować do modernizowanych i nowo budowanych stacji. Zaimplementowane funkcje i algorytmy w sterownikach i modułach SEM, systemu SSC, ułatwiają monitorowanie

sieci SN/nN, pracy aparatury stacyjnej, w trybie online, pod względem parametrów ilościowych i jakościowych, co przekłada się w sposób bezpośredni na wyznaczanie współczynników ciągłości dostaw energii elektrycznej SAIDI, SAIFI, MAIFI. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań sprzętowych elementy systemu zajmują mało miejsca i są energooszczędne, co ma istotne znaczenie w przypadku zasilania systemu z akumulatorów. Dodatkowym atutem rozwiązania jest jego niska cena i możliwość łączenia z innymi systemami, np.: CFI (system lokalizacji i izolacji miejsca zwarcia), PES (system *Prosument Eco Smart*) lub GIT (system inspekcji przyrostów temperatury).

Bibliografia

1. www.energetyka.org.pl.
2. Andrzejewski M., Wlazło P., Logika programowalna w urządzeniach EAZ dla sieci Smart Grid, *Wiadomości Elektrotechniczne* 2013, r. LXXXI, nr 11.
3. Andrzejewski M., Przybysz R., Wlazło P., SEM modułowy sterownik Smart Grid do węzłowych stacji transformatorowych SN/nN, *elektro.info* 2015, nr 9.
4. Broda K., Makowiecki K., Wlazło P., Integracja systemu lokalizacji i izolacji miejsca zwarcia z inteligentnym systemem sterowania stacją elektroenergetyczną w sieciach Smart Grid, *Urządzenia dla energetyki* 2016, nr 11.
5. Michalski P., Przybysz R., Wlazło P., Aplikacje modułowego sterownika SEM w sieciach Smart, *elektro.info* 2016, nr 9.
6. Przybysz R., Wlazło P., Automatyczne rozpoznawanie typu przetwornika prądowego podłączonego do urządzenia pomiarowego, *Elektronika* 2016, nr 6.
7. Nowakowski A. i in., Bezdrzewiowe przetworniki prądowe ITR w technologii PCB istotnym wkładem w rozwój sieci Smart Grids, *Elektronika* 2016, nr 6.

Paweł Wlazło

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: pawel.wlazlo@itr.org.pl

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1993), kierunku automatyka. Autor wielu publikacji naukowych, w tym dziewięciu w 2014 roku. Zainteresowania zawodowe obejmują zagadnienia związane z teleinformatyką urządzeń EAZ, logiką użytkownika w sterownikach polowych, sieciami Smart Grid oraz przemysłową i medyczną aparaturą pomiarową i diagnostyczną. Obecnie jest kierownikiem Centrum Teleinformatyki i Elektroniki.

Radosław Przybysz

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: radoslaw.przybysz@itr.org.pl

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (2010). Obecnie pracuje na stanowisku badawczo-technicznym w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym. Autor 15 publikacji. Zainteresowania zawodowe obejmują zagadnienia związane z budową mikroprocesorowych układów automatyki i zabezpieczeń sieci elektroenergetycznych oraz programowania komputerów.

Krzysztof Broda

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: krzysztof.broda@itr.org.pl

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (1998). Obecnie pracuje na stanowisku asystenta w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym. Autor wielu publikacji z zakresu elektroenergetyki. Zainteresowania zawodowe obejmują zagadnienia związane z budową mikroprocesorowych układów automatyki i zabezpieczeń sieci elektroenergetycznych.

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 Komercjalizacji i Wdrożeń. Autor ok. 30 publikacji.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 41–46. When referring to the article please refer to the original text.

PL

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.

Grzegorz Wojtaś

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: grzegorz.wojtas@itr.org.pl

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1987), kierunku aparatura elektroniczna. Autor wielu publikacji z zakresu elektroenergetyki. Zainteresowania zawodowe obejmują zagadnienia związane z oprogramowaniem sterowników przemysłowych, realizacją logiki programowalnej i wdrażaniem rozwiązań komunikacyjnych. Obecnie pracuje na stanowisku asystenta w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym.