

Planning and Monitoring of Production Output and Electricity Consumption with Consideration of the Production Profile

Authors

Aleksander Lisowiec
Grzegorz Lisowicz
Damian Mazur
Paweł Wlazło
Leszek Książek
Adam Kalinowski
Grzegorz Kowalski

Keywords

energy measurement, renewable energy, data transmission, EtherCAT

Abstract

Continuous development of ICT systems, especially industrial Ethernet networks, allows for the deployment of distributed sensory networks to control and monitor the instantaneous performance of power infrastructure in industrial plants. While considering the specifics of some industry sectors, their production cycle, expected product quality, and timely deliveries, it is necessary to optimally use all means of production, especially energy, taking into account daily or annual peaks of its consumption. For this purpose, it becomes necessary to measure the machinery's consumption of utilities, quality of manufactured products, and efficiency of production lines. This approach requires the use of non-standard solutions, in particular smart sensors and ICT systems. The paper presents a comprehensive solution dedicated to planning and monitoring production in modern unmanned factories 4.0.

DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2018101

Received: 24.02.2017

Accepted: 07.03.2017

Available online: 31.08.2018

1. Introduction

Europe has set itself the goal of reducing CO₂ emissions by 2050 to 80% of the 1990 emissions. In order to achieve this goal, it is necessary to change the profiles of energy demand as well as its generation, so that the most use is made of energy from renewable sources. The required change applies to every sector of the economy. Electric vehicles are being introduced in transport, while in the household sector substitution of fossil fuel heating with geothermal heating or solar panels is being promoted. The industrial sector, besides the two mentioned above, is the main energy consumer and in it effective energy management mechanisms should be also implemented and the use of energy from renewable sources maximised. New materials and new production technologies should be introduced with consideration for their energy efficiency. An equally important way to reduce industrial CO₂ emissions is to adapt existing production technologies to the

cycle of energy generation from renewable sources. In other words, production should be intensified when the energy supply from renewable sources is the largest.

Present knowledge about power and energy flows in industrial plants is limited and difficult to obtain, mainly due to high costs of measurement systems and systems for recording and analysing energy consumption parameters. Continuous development of ICT systems, especially industrial Ethernet networks, allows for the deployment of distributed sensory networks to control and monitor the instantaneous performance of power infrastructure in industrial plants. Considering the specific nature of some industry sectors, their production cycle, expected product quality, and timely deliveries, the optimal use of all production means is necessary, especially energy, including its daily and/or annual peaks. For this purpose, it becomes necessary to measure the machinery's consumption of utilities, quality of manufactured products, and efficiency of production lines. This approach

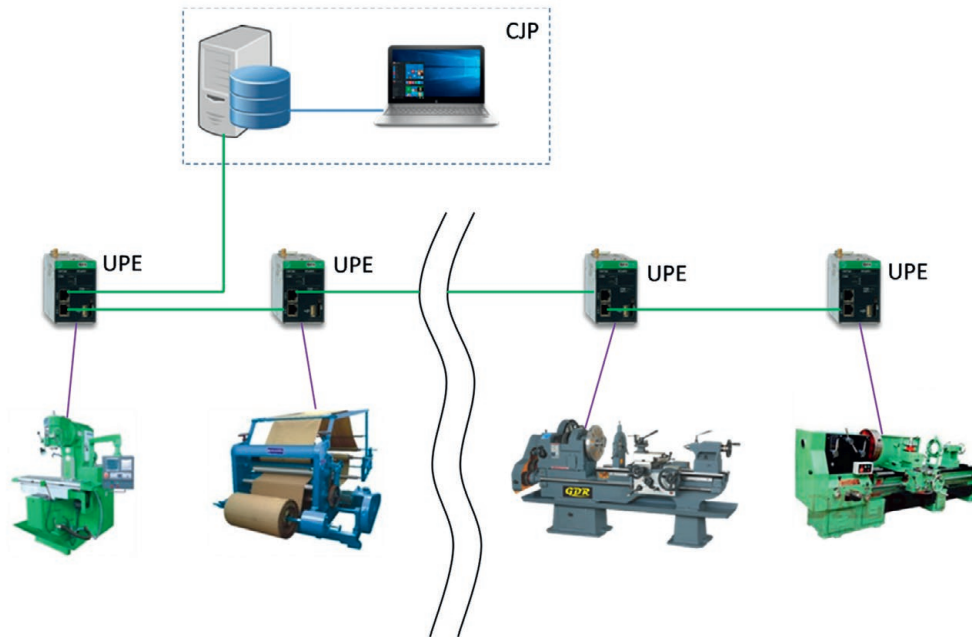


Fig. 1. System for monitoring energy consumption by machines in industrial plant

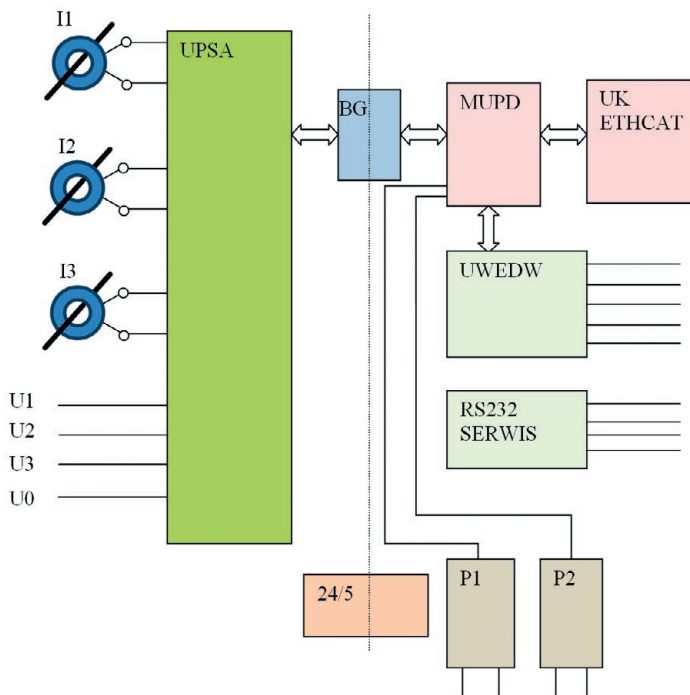


Fig. 2. UPE block diagram

requires the use of non-standard solutions, in particular smart sensors and ICT systems.

2. System architecture

Architecture of the system for monitoring the energy consumption of machines in industrial plants is shown in Figure 1. The system consists of energy measurement devices (UPE) that measure the energy consumed by machines and are equipped with modern sensors of transmission grid voltages and currents for sending measurement data and a database with multi-tasking

software that make up the central processing unit (CJP). The software's task is to determine profiles of the electricity consumption by machines in the production cycle, and then to optimize the production process with a view to reducing energy consumption cost and maximizing the use of energy from renewable sources. The optimization process uses data from archival measurements, generally available databases (statistics, archived meteorological data), data from services offering wind strength and insolation maps as well as details of current meteorological forecasts. The system is intended to be self-learning based on data from sensors, models of artificial neural networks compiling real-time data readouts from renewable energy generating units, power grid, electricity consumption and distribution control devices with modules for forecasting and remote optimization of electricity consumption by manufacturing enterprises.

3. Design and operation principle of energy measurement device

An energy measurement device that monitors the energy consumption of a production machine should provide an easy way to connect sensors measuring the machine's voltages and currents. The voltages can be measured using traditional voltage transformers or resistor dividers. The currents can be measured using Rogowski current transducers. Such transducers, with a removable design, can be easily attached to the measured circuit. Another important element of the measurement system is the measurement data transmission to the CJP database discussed further in the paper. A block diagram of a UPE as an element of the system is presented in Fig. 2.

A UPE consists of several functional units:

- UPSA – Analog Signal Measuring Unit
- BG – Galvanic Barrier
- MUPD – Microprocessor Data Processing Unit

- UK ETHCAT – EtherCAT Communication Unit
- UWEDW – Bi-state Inputs Unit
- UWYDW – Bi-state Outputs Unit
- P1 – Output relay 1
- P1 – Output relay 2
- 24/5 – 24 V/5 V converter providing galvanic isolation.

The current is measured using Rogowski current transducers [1, 2]. These transducers, developed at the Tele- and Radiotechnical Institute, are made using multilayer printed circuit board technology and have a detachable design (Photos 1 and 2).

The Rogowski current transducer's main advantage is very high measurement dynamics, linearity in the entire range of measured currents, wide measurement band and – in the case of the detachable design – ease of assembly. This last feature is particularly important because of the limited space inside production machinery power supply cabinets.

The UPSA uses an AD7880 integrated circuit, adjusted for interoperability with Rogowski current transducers. The unit includes amplification circuits for analogue input signals (voltages and phase currents), analogue-digital converters and a complete digital data processing circuit. Its important feature is the 24-bit analogue-to-digital converters in the signal processing circuit. This enables accommodation of the current transducers' very high dynamics. The AD7880 unit shares ready data, such as:

- RMS values of voltages and currents including harmonics in a band up to 2.8 kHz
- active and apparent powers including harmonics with 1% accuracy
- active and reactive powers for the basic harmonic with 0.1% accuracy and 1000:1 dynamics
- THD and harmonic distortions up to 2.8 kHz for phase signals and neutral current.

The AD7880 unit enables measurement of all the values necessary to determine the machine's energy consumption profile. Data is transferred between UPE units over an SPI interface. Data is transferred between the UPSA and microcontroller in the MUPD in the form of the content of the AD7880 unit's relevant registers.

The data has neither machine-specific identifiers, nor timestamps and in this form is not suitable for forwarding to CJP (Fig. 1). MUPD complements the data with appropriate identifiers and formats it

in a manner suitable for transfer over the EtherCAT protocol [3]. Then, the MUPD forwards the formatted data to UK ETHCAT.

EtherCAT is a system/protocol developed by Beckhoff, used to transfer data and control functions in industrial process automation systems based on the Ethernet physical layer. The use of the appropriate data addressing and processing mechanisms reduces Ethernet inherent latencies that make Ethernet unsuitable for real-time control of production processes, i.e. in a regime whereby data and control functions transfer should take less than 1 ms. The EtherCAT protocol's characteristic feature is the transmission of a single data frame (of an acceptable length, such as that of an Ethernet frame) to multiple recipients. Each nodal device in an EtherCAT network performs hardware-based near-real-time analysis of an incoming frame and extracts from (or insets into) it data addressed only for it, and then retransmits the frame to another nodal device in the network with less than 1 μ s delay. EtherCAT enables refreshing data in network devices at a frequency of several dozen kHz [1].

The hardware costs of a device in an EtherCAT network, which acts as a controller/Master, are low, because no installation of specialized network equipment is required, and a standard PC computer with a network card will do. EtherCAT Slave devices require the use of specialized integrated circuit boards. The cost of prototyping these devices is higher than of prototyping standard embedded systems with the Ethernet functionality. At the entire system level, however, the EtherCAT system is cost-effective because it does not require the use of network devices, such as switches, hubs, and routers, and the cabling costs are also lower due to the use of the bus topology.

4. Summary

The use of modern voltage and current measurement technologies in industrial plant power grids, communication technologies adjusted to industrial automation and intelligent self-learning software enables developing a cost-effective system for measuring the energy consumed by the plant's machinery. Based on energy consumption profiles determined for individual machines, the system can adjust in real time the production profile in order to minimize costs, in particular the costs of electricity consumption. The system includes program modules that allow forecasting the

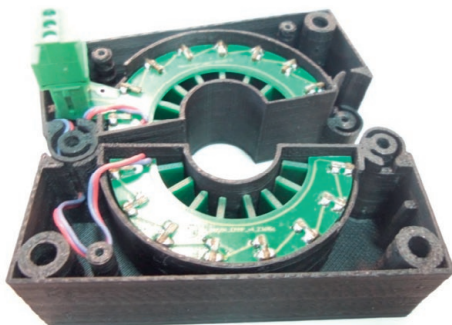


Photo 1. Current transducer made in multilayer printed circuit boards technology

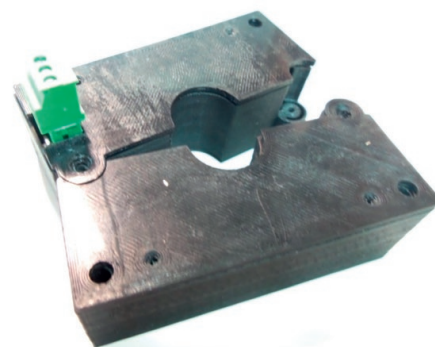


Photo 2. Current transducer in housing

availability of energy from renewable sources, which together with the ability to control the production cycle enables efficient use of this energy.

REFERENCES

1. 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 as a significant contribution to the Smart Grids development], *Elektronika*, No. 6, 2016.

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. EtherCAT [online], <https://en.wikipedia.org/wiki/EtherCAT> [access: 01.04.2017].

Aleksander Lisowiec

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: aleksander.lisowiec@itr.org.pl

Graduated from the Faculty of Electronics at Warsaw University of Technology. Manager of the Department of Smart Grid ICT Systems. His professional interests include new designs of measuring transducers used in power engineering and digital signal processing. Author of ca. 80 scientific publications.

Grzegorz Lisowicz

Info-Projekt IT sp. z o.o., Rzeszów

e-mail: Grzegorz.lisowicz@info-projekt-it.pl

Graduated from the Faculty of Electronics at Warsaw University of Technology. Chairman of the Board at Info-Projekt IT in Rzeszów. Designs and deploys ICT systems, mainly in the industrial sector. Has contributed to dozens of projects implemented in the automotive, aerospace, chemical and other industries.

Damian Mazur

Rzeszów University of Technology

e-mail: mazur@prz.edu.pl

Graduated from the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology at Rzeszów University of Technology. His professional interests include matters related to various types of RES power plants connected to the power grid, simulations of power electronics system operation, Smart Grids.

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. Manager of the ICT and Electronics Centre. His professional interests include: matters related to ICT technology in a power system's automatic protection, user's logic in field controllers, Smart Grids, as well as industrial and medical measuring and diagnostic equipment. Author of numerous scientific publications, including 22 published over the last three years.

Leszek Książek

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: leszek.ksiazek@itr.org.pl

Graduated from the Faculty of Electronics and Information Technology at Warsaw University of Technology. An employee of the Department of Smart Grid ICT Systems at Tele and Radiotechnical Institute. His professional interests include hardware and software for embedded systems for industrial applications as well as data transmission systems for the power industry. He has authored and co-authored ca. 25 publications.

Adam Kalinowski

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

e-mail: adam.kalinowski@itr.org.pl

Graduated from the Faculty of Electronics at Warsaw University of Technology. An employee of the Department of Smart Grid ICT Systems at Tele and Radiotechnical Institute. His professional interests include new designs of micro controller technology in power engineering and digital signal processing. Author of ca. 30 scientific publications.

Grzegorz Kowalski

Tele and Radiotechnical Institute, Warsaw

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

In the Tele and Radiotechnical Institute since 1985. Specializes in engineering of new types of current and voltage transformers and compatible electronic systems. He has authored and co-authored more than 44 patents.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 4-7. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Planowanie i monitorowanie wytwarzania i zużycia energii elektrycznej z uwzględnieniem profilu produkcji

Autorzy

Aleksander Lisowiec
Grzegorz Lisowicz
Damian Mazur
Paweł Wlazło
Leszek Książek
Adam Kalinowski
Grzegorz Kowalski

Słowa kluczowe

pomiar energii, energia odnawialna, transmisja danych, EtherCAT

Streszczenie

Ciągły rozwój systemów teleinformatycznych, zwłaszcza przemysłowych sieci Ethernet, pozwala na budowę rozproszonych sieci sensorycznych do kontrolowania i monitorowania chwilowego stanu pracy infrastruktury elektroenergetycznej w zakładach przemysłowych. Uwzględniając specyfikę niektórych sektorów przemysłu, ich cykl produkcyjny, spodziewaną jakość wyrobu, terminowość dostaw, konieczne jest optymalne wykorzystanie wszystkich środków produkcji, szczególnie energii, z uwzględnieniem szczytów dobowych lub rocznych. W tym celu konieczne staje się opomiarowanie maszyn w zakresie zużycia mediów, jakości produkowanych wyrobów oraz efektywności pracy linii produkcyjnych. Takie podejście wymaga zastosowania niestandardowych rozwiązań, a w szczególności inteligentnych sensorów i systemów teleinformatycznych. W artykule przedstawiono kompleksowe rozwiązanie dedykowane do planowania i monitorowania produkcji w nowoczesnych bezosobowych fabrykach 4.0.

Data wpływu do redakcji: 24.02.2017

Data akceptacji artykułu: 07.03.2017

Data publikacji online: 31.08.2018

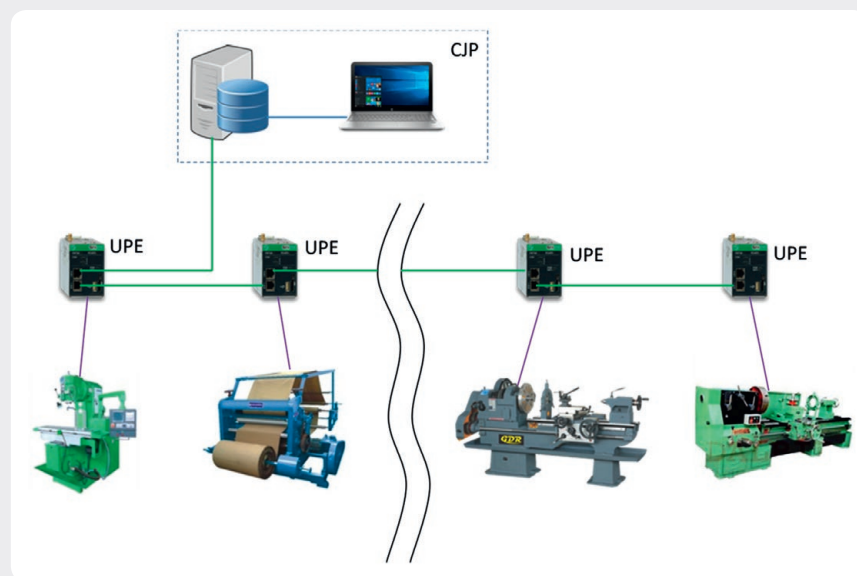
1. Wstęp

Europa postawiła sobie za cel zmniejszenie emisji CO₂ do 2050 roku do poziomu 80% poziomu emisji z 1990 roku. W celu osiągnięcia tego celu konieczna jest zmiana profilu zapotrzebowania na energię, jak również profilu jej produkcji, tak aby wykorzystywać w największym stopniu energię ze źródeł odnawialnych. Wymagana zmiana dotyczy każdego sektora gospodarki. W transporcie wprowadza się samochody z napędem elektrycznym, w sektorze gospodarstw domowych promuje się zastępowanie ogrzewania za pomocą paliw kopalnych ogrzewaniem geotermalnym bądź z paneli słonecznych. Sektor przemysłowy, obok dwóch wymienionych wyżej, jest głównym konsumentem energii i tam również należy stosować mechanizmy efektywnego gospodarowania energią oraz maksymalizowania wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. Wprowadzanie nowych materiałów oraz nowych technologii produkcji powinno odbywać się z uwzględnieniem efektywności energetycznej. Równie ważnym sposobem zmniejszenia emisji CO₂ w przemyśle jest dostosowanie dotychczasowych technologii produkcji do cyklu produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Innymi słowami, należy intensyfikować produkcję wtedy, gdy podaż energii ze źródeł odnawialnych jest największa.

Obecna wiedza na temat rozpyływów mocy i energii w zakładach przemysłowych jest niewielka i trudna do pozyskania, głównie z powodu wysokich kosztów układów pomiarowych oraz systemów rejestracji i analizy parametrów dotyczących poboru

energii. Ciągły rozwój systemów teleinformatycznych, zwłaszcza przemysłowych sieci Ethernet, pozwala na budowę rozproszonych sieci sensorycznych do kontrolowania i monitorowania chwilowego stanu pracy infrastruktury elektroenergetycznej w zakładach przemysłowych. Uwzględniając specyfikę niektórych sektorów przemysłu, ich cykl produkcyjny, spodziewaną jakość wyrobu, terminowość

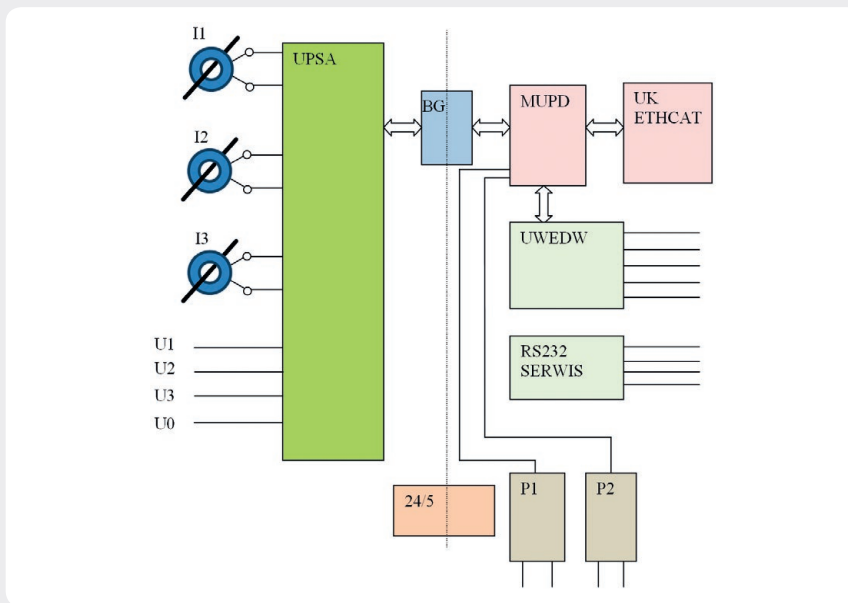
dostaw, konieczne jest optymalne wykorzystanie wszystkich środków produkcji, szczególnie energii, z uwzględnieniem szczytów dobowych lub rocznych. W tym celu konieczne staje się opomiarowanie maszyn w zakresie zużycia mediów, jakości produkowanych wyrobów oraz efektywności pracy linii produkcyjnych. Takie podejście wymaga zastosowania niestandardowych rozwiązań, a w szczególności



Rys. 1. System do monitorowania zużycia energii przez maszyny w zakładzie przemysłowym

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 4-7. When referring to the article please refer to the original text.

PL



Rys. 2. Schemat blokowy UPE

inteligentnych sensorów i systemów teleinformatycznych.

2. Architektura systemu

Architektura systemu do monitorowania zużycia energii przez maszyny w zakładzie przemysłowym została przedstawiona na rys. 1. System składa się z urządzeń pomiaru energii (UPE) – mierzących energię pobieraną przez maszyny – wyposażonych w nowoczesne sensory napięć i prądów sieci transmisyjnej do przesyłania danych pomiarowych oraz bazy danych wraz z wielozadaniowym oprogramowaniem tworzących centralną jednostkę przetwarzania (CJP). Zadaniem oprogramowania jest wyznaczanie profili zużycia energii elektrycznej przez maszyny w cyklu produkcyjnym, a następnie optymalizacja procesu produkcji ze względu na zmniejszenie kosztów zużycia energii przy jak największym wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych. W procesie optymalizacji są wykorzystywane dane pochodzące z pomiarów archiwalnych, ogólnodostępnych baz danych (statystyki, archiwalne dane meteorologiczne), dane z serwisów oferujących mapy siły wiatru i nasłonecznienia oraz dane dotyczące bieżących prognoz meteorologicznych. System w zamierzeniu ma mieć cechę samouczenia się na podstawie danych z sensorów, modeli sztucznych sieci neuronowych, kompilujących odczyt danych w czasie rzeczywistym z urządzeń wytwarzania energii typu OZE, sieci energetycznej, urządzeń kontroli zużycia i dystrybucji energii elektrycznej z modułami prognozowania i zdalnej optymalizacji poboru energii elektrycznej przez przedsiębiorstwa produkcyjne.

3. Budowa oraz zasada działania urządzenia pomiaru energii

UPE monitorujące zużycie energii przez maszyny produkcyjne powinno zapewnić łatwy sposób dołączenia sensorów mierzących napięcia i prądy zasilające maszynę. Pomiar napięcia można zrealizować za

pomocą tradycyjnych transformatorówowych przekładników napięciowych bądź dzielników rezystancyjnych. Pomiar prądu można zrealizować za pomocą przetworników prądowych pracujących na zasadzie cewki Rogowskiego. Przetworniki takie, o konstrukcji rozłączalnej, można łatwo dołączyć do obwodu mierzonego. Istotnym elementem układu pomiarowego, poza sensorami, jest – omówiony w dalszej części artykułu – sposób transmisji danych pomiarowych do bazy danych CJP. Schemat blokowy UPE będącego elementem systemu został przedstawiony na rys. 2.

UPE składa się z kilku bloków funkcjonalnych:

- UPSA – Układ Pomiarowy Sygnałów Analogowych
- BG – Bariera Galwaniczna
- MUPD – Mikroprocesorowy Układ Przetwarzania Danych
- UK ETHCAT – Układ Komunikacji EtherCAT
- UWEDW – Układ WEjść DWustanowych
- UWYDW – Układ WYjść DWustanowych
- P1 – Przekładnik wyjściowy 1
- P2 – Przekładnik wyjściowy 2
- 24/5 – Przetwornica 24 V/5 V zapewniająca izolację galwaniczną.

Pomiar prądu jest dokonywany za pomocą przetworników prądowych [1, 2], pracujących na zasadzie cewki Rogowskiego. Przetworniki te, opracowane w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym, zostały wykonane w technologii wielowarstwowych obwodów drukowanych i posiadają konstrukcję rozłączalną (fot. 1 i 2).

Podstawową zaletą przetworników prądowych pracujących na zasadzie cewki Rogowskiego jest bardzo duża dynamika pomiaru, liniowość w całym zakresie mierzonych prądów, szerokie pasmo pomiarowe oraz – w przypadku przetworników o konstrukcji rozłączalnej – łatwość montażu. Ta ostatnia cecha jest szczególnie istotna ze względu na ograniczoną

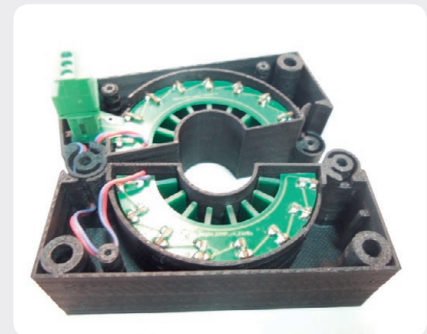
przestrzeń szafek zasilających maszyny produkcyjnych.

W UPSA zastosowano układ scalony AD7880, przystosowany do współpracy z przetwornikami prądowymi pracującymi na zasadzie cewki Rogowskiego. Układ ten zawiera w swojej strukturze torę wzmacniającą dla analogowych sygnałów wejściowych (napięć i prądów fazowych), przetworniki analogowo-cyfrowe oraz kompletny tor cyfrowego przetwarzania danych. Istotną cechą układu AD7880 jest to, że w torze przetwarzania sygnału zastosowano przetworniki analogowo-cyfrowe 24-bitowe. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie bardzo dużej dynamiki zastosowanych przetworników prądowych. Układ AD7880 udostępnia gotowe dane, takie, jak:

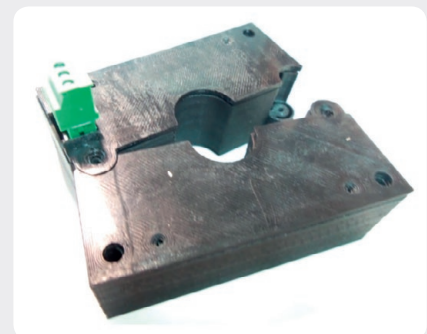
- wartości RMS napięć i prądów z uwzględnieniem harmonicznych w pasmie do 2,8 kHz
- wartości mocy czynnej i pozornej z uwzględnieniem harmonicznych z dokładnością 1%
- wartości mocy czynnej i biernej dla podstawowej harmonicznej z dokładnością 0,1% z dynamiką 1000:1
- wartości THD i zniekształceń harmonicznych do 2,8 kHz dla sygnałów fazowych i prądu neutralnego.

Układ AD7880 pozwala zmierzyć wszystkie wartości niezbędne do wyznaczenia profilu energii pobieranej przez maszynę.

Transmisja danych między poszczególnymi blokami UPE odbywa się za pomocą interfejsu SPI. Dane między UPSA i mikrokontrolerem w MUPD są przesyłane w postaci zawartości odpowiednich rejestrów układu



Fot. 1. Konstrukcja przetwornika prądowego wykonanego w technologii wielowarstwowych obwodów drukowanych



Fot. 2. Przetwornik prądowy w obudowie

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 4–7. When referring to the article please refer to the original text.

PL

AD7880. Dane te nie posiadają identyfikatorów związanych z konkretną maszyną, której dotyczą, znaczników czasowych i w takiej postaci nie nadają się do wysłania do CJP (rys. 1). MUPD uzupełnia dane o odpowiednie identyfikatory oraz formatuje je w sposób odpowiedni do przesyłania za pomocą protokołu EtherCAT [3]. Następnie MUPD przesyła sformatowane dane do UK ETHCAT.

EtherCAT jest systemem/protokołem opracowanym przez firmę Beckhoff, służącym do przesyłania danych i funkcji kontrolnych w systemach automatyzacji procesów przemysłowych, działającym w oparciu o warstwę fizyczną Ethernet. Zastosowanie odpowiednich mechanizmów adresowania i przetwarzania danych niweluje inherentne dla Ethernetu opóźnienia, które czynią Ethernet nieprzydatnym do kontroli procesów produkcyjnych w czasie rzeczywistym, tzn. w reżimie, gdzie czas przesyłania danych i funkcji kontrolnych powinien być poniżej 1 ms. Cechą charakterystyczną protokołu EtherCAT jest przesyłanie za pomocą jednej ramki (o dopuszczalnej długości, takiej jak dla ramki Ethernet) informacji dla wielu odbiorców. Każde z urządzeń węzłowych w sieci EtherCAT dokonuje analizy niemalże w czasie rzeczywistym – realizowane jest to sprzętowo – docierającej do niego ramki i pobiera z niej

(lub tam umieszcza) dane adresowane wyłącznie dla niego, a następnie retransmituje ramkę do kolejnego urządzenia węzłowego w sieci z opóźnieniem poniżej 1 μ s. EtherCAT umożliwia odświeżanie danych w urządzeniach znajdujących się w sieci z częstotliwością kilkudziesięciu kHz [1].

Koszty sprzętowe urządzenia w sieci EtherCAT, które pełni funkcję kontrolera/Mastera, są niewielkie, gdyż nie wymaga się tam instalowania specjalizowanych urządzeń sieciowych, wystarczy zwykły komputer klasy PC z kartą sieciową. Urządzenia pełniące rolę EtherCAT Slave wymagają zastosowania wyspecjalizowanych układów scalonych. Koszt prototypowania tych urządzeń jest większy niż koszt prototypowania standardowych układów typu embedded z funkcjonalnością Ethernetu. Na poziomie całego systemu EtherCAT jest jednak efektywny kosztowo, gdyż nie wymaga stosowania urządzeń sieciowych, takich jak przełączniki (ang. *switch*), koncentratory (ang. *hub*), routery, a koszty okablowania są również mniejsze z powodu stosowania topologii szyny.

4. Podsumowanie

Zastosowanie nowoczesnych technologii pomiaru napięć oraz prądów w sieci energetycznej zakładu przemysłowego, technologii komunikacyjnych dostosowanych

do automatyki przemysłowej oraz inteligentnego oprogramowania z funkcją samouczenia się pozwala stworzyć efektywny kosztowo system pomiaru energii zużywanej przez maszyny w zakładzie przemysłowym. Na podstawie wyznaczonych profili zużycia energii przez poszczególne maszyny system ten jest w stanie na bieżąco dostosowywać profil produkcji w celu minimalizacji kosztów, w tym szczególnie kosztów zużycia energii elektrycznej. System jest wyposażony w moduły programowe pozwalające prognozować dostępność energii ze źródeł odnawialnych, co wraz z możliwością sterowania cyklem produkcyjnym pozwala na efektywne wykorzystanie tej energii.

Bibliografia

1. Nowakowski A. i in., Bezrdzeniowe przetworniki prądowe ITR w technologii PCB istotnym wkładem w rozwój sieci Smart Grids, *Elektronika* 2016, nr 6.
2. Kowalski G. i in., Układy pomiarowe z bezrdzeniowymi przetwornikami w sieciach energetycznych, *Elektronika* 2015, nr 11.
3. EtherCAT [online], <https://en.wikipedia.org/wiki/EtherCAT> [dostęp: 1.04.2017].

Aleksander Lisowiec

dr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny, Warszawa

e-mail: aleksander.lisowiec@itr.org.pl

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej. Sprawuje funkcję kierownika Zakładu Systemów Teleinformatycznych Smart Grid. Obszar jego zainteresowań zawodowych obejmuje nowe konstrukcje przetworników pomiarowych stosowanych w energetyce oraz cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Jest autorem ok. 80 publikacji naukowych.

Grzegorz Lisowicz

mgr inż.

Info-Projekt IT sp. z o.o., Rzeszów

e-mail: Grzegorz.lisowicz@info-projekt-it.pl

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Sprawuje funkcję prezesa zarządu w spółce Info-Projekt IT w Rzeszowie. Zawodowo zajmuje się projektowaniem i wdrażaniem systemów informatycznych i teleinformatycznych, głównie w sektorze przemysłowym. Brał udział w kilkudziesięciu zrealizowanych projektach u klientów z branży m.in. motoryzacyjnej, lotniczej i chemicznej.

Damian Mazur

dr hab. inż., prof. PRZ

Politechnika Rzeszowska

e-mail: mazur@prz.edu.pl

Ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Obszar jego zainteresowań zawodowych obejmuje zagadnienia związane z różnego rodzaju elektrowniami z OZE przyłączanymi do sieci elektroenergetycznej, symulacje pracy układów energoelektronicznych, Smart Grid.

Paweł Wlazło

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

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

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej, kierunku automatyka (1993). Pracuje na stanowisku kierownika Centrum Teleinformatyki i Elektroniki. Jego zainteresowania zawodowe obejmują: zagadnienia związane z teleinformatyką urządzeń EAZ, logiką użytkownika w sterownikach polowych, sieciami Smart Grid, a także przemysłową i medyczną aparaturą pomiarową oraz diagnostyczną. Autor wielu publikacji naukowych, w tym 22 opublikowanych na przestrzeni ostatnich trzech lat.

Leszek Książek

dr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: leszek.ksiazek@itr.org.pl

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej. Jest pracownikiem Zakładu Systemów Teleinformatycznych Smart Grid w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym. Obszar jego zainteresowań zawodowych obejmuje konstrukcje sprzętowe i oprogramowanie dla systemów wbudowanych do zastosowań przemysłowych, a także systemy transmisji danych dla energetyki. Jest autorem i współautorem ok. 25 publikacji naukowych.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 4–7. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Adam Kalinowski

mgr inż.

Instytut Tele- i Radiotechniczny w Warszawie

e-mail: adam.kalinowski@itr.org.pl

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej. Pracuje w Zakładzie Systemów Teleinformatycznych Smart Grid. Obszar jego zainteresowań zawodowych obejmuje nowe konstrukcje sterowników mikrokontrolerowych stosowanych w energetyce oraz cyfrową transmisję danych. Jest autorem ok. 30 publikacji naukowych.

Grzegorz Kowalski

Instytut Tele- i Radiotechniczny

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

Pracuje w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym od 1985 roku. Specjalizuje się w konstrukcjach nowych typów przekładników prądowych i napięciowych oraz współpracujących z nimi układów elektronicznych. Jest autorem i współautorem ponad 44 patentów.