

zastosowanie analizatorów parametrów sieci

w rozproszonych systemach monitorowania jakości energii elektrycznej

mgr inż. Wojciech Pierzgalski – OBR ME „METROL”, mgr inż. Ireneusz Zalewski – P.W. ERA GOST Sp. z o.o.

W ramach gospodarki rynkowej dostarczanie energii elektrycznej do odbiorcy jest realizowane podobnie jak dostawa towarów o określonej wartości użytkowej. Dlatego też jakość energii elektrycznej najczęściej jest rozumiana jako zespół cech oferowanego „towaru”. Wprowadzenie przepisów z zakresu Prawa energetycznego spowodowało opracowanie dokumentów normatywnych wykonawczych, dotyczących m.in. standardów jakościowych obsługi klientów (odbiorców), przy jednoczesnym ustaleniu metod oceny skutków ekonomicznych powodowanych niedotrzymywaniem parametrów jakościowych energii elektrycznej u dostawców, odbiorców i w całym systemie wytwórczo-przesyłowym. Przy monitorowaniu jakości energii elektrycznej w systemach rozproszonych z powodzeniem można zastosować analizatory parametrów sieci typu AJE1 i AJE2.

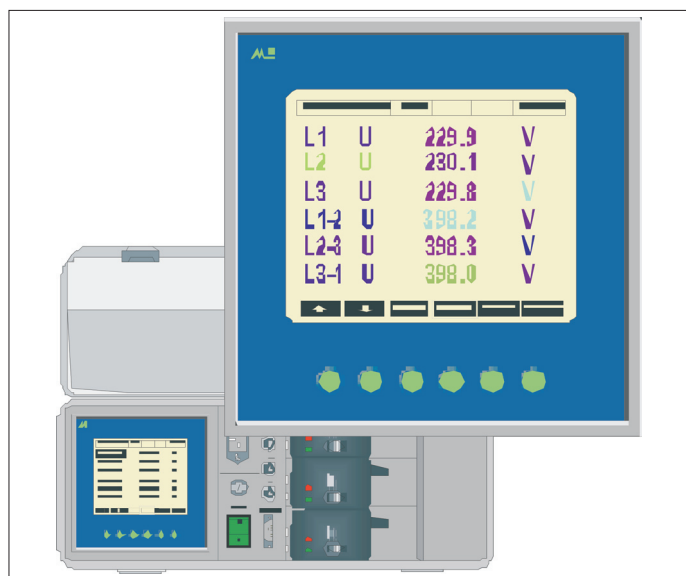
Zasilające sieci elektroenergetyczne stanowią ważną część systemu elek-

troenergetycznego, ponieważ ich podstawowe zadanie polega na przesyłaniu i dostarczaniu energii elektrycznej o odpowiedniej **jakości** od wytwórcy do użytkownika w sposób niezawodny i bezpieczny. Dostarczanie energii elektrycznej powinno być realizowane z zachowaniem wymagań określonych przez: dopuszczalny poziom napięcia, zmiany jego częstotliwości oraz parametry określające odkształcenia przebiegów napięć i prądów. W Polsce od kilku lat toczy się dyskusja dotycząca terminu „jakość energii elektrycznej”. Obecnie za najbardziej trafną uważana jest definicja: „**jakość energii elektrycznej** to zbiór parametrów opisujących właściwości procesu dostarczania energii do użytkownika w normalnych warunkach pracy, a określających ciągłość zasilania (długość i krótkie przerwy w zasilaniu) oraz charakteryzujących napięcie zasilające (wartość, niesymetrię, częstotliwość, kształt przebiegu czasowego)”.

Ustalenie parametrów napięcia zasilającego w punkcie przekazywania energii do odbiorców, w publicznych sieciach niskiego i średniego napięcia dla normalnych warunków ruchowych określone zostało w normie PN-EN 50160. Opisane tam parametry napięcia zmieniają się jednak w czasie normalnej pracy sieci na skutek zmian obciążenia oraz występujących zwarć spowodowanych wpływami zewnętrznymi. Wielu zjawisk mających wpływ na napięcie zasilające nie można przewidzieć, stąd też trudne jest podanie stałych wartości wybranych parametrów. Dla niektórych z nich, np. wahań i przerw napięcia zasilającego, przyjęto, że zjawiska te zostaną ujęte jako wartości odniesienia. Ponieważ dostarczanie i odbiór energii elektrycznej za pośrednictwem wspólnej sieci elektroenergetycznej następuje na podstawie umowy pomiędzy dostawcą a użytkownikiem, to także w niej powinna być określona jakość i niezawodność dostarczanej energii oraz odpowiedzialność za niedotrzymanie warunków umowy. Wymaga to prowadzenia pomiarów i wyznaczania normatywnych parametrów jakości energii elektrycznej. Pomiary tych wybranych parametrów w monitorowanym obwodzie energetycznym, przy przepływie energii pomiędzy źródłem, którym jest najczęściej sieć elektroenergetyczna, a odbiornikiem lub grupą odbiorników, realizują **analizatory jakości energii elektrycznej**. Przyrządy te spełniają warunki optymalnego doboru sprzętu pomiarowego i oprogramowania dla rozproszonego systemu monitorowania jakości energii elektrycznej, dostosowanego do wybranych procedur diagnostycznych, takich jak:

- pomiary wielkości charakteryzujących stan odbiorników energii elektrycznej w czasie rzeczywistym,
- archiwizowanie wielkości mierzonych i wyznaczanych parametrów,
- przetwarzanie zebranych wartości wielkości mierzonych, określających stany odbiornika lub grupy odbiorników energii elektrycznej,
- wizualizację mierzonych wielkości i prezentację graficzną wybranych parametrów.

Przykładem uwzględnienia wielu problemów praktycznych jest obowiązująca norma PN-EN 50160, która określa kształt krzywej napięcia, dopuszczalne wartości napięcia, symetrię faz, częstotliwość itp. Za wartości graniczne parametrów uznaje się przy tym wartości, które są zachowane w 95% spodziewanego czasu pracy. Norma stawia określone wymagania dla sieci energetycznej niskiego i średniego napięcia, gdzie trzeba wykonywać pomiary wartości danego parametru przynajmniej przez tydzień. Zbiór takich wyników pozwala otrzymać uporządkowany wykres mierzonego parametru. Monitorowanie **kosztów dostawy i jakości energii elektrycznej** przez odbiorcę w ramach rozproszonego systemu jest niezbędne wszędzie tam, gdzie opłaty za energię elektryczną są głównym czynnikiem kosztów procesu technologicznego, a ich optymalizacja powinna być jednym z istotnych celów. Ponadto, korzystanie przez odbiorców z rozbudowanej infrastruktury w zakresie najnowszych technologii informatycznych, czyli telekomunikacji i przetwarzania danych wprowadza wysokie wymagania stawiane dostawcy, aby jakość dostarczanej energii elektrycznej



Rys. 1. Analizatory parametrów sieci AJE1 (tablicowy) i AJE2 (przenośny)

była jak najwyższa. Obserwuje się pewien kierunek wzrostu wymagań stawianych współczesnym układom zasilania odbiorców, gdzie istotne znaczenie ma wysoki współczynnik pewności zasilania. Rozproszone systemy monitorowania jakości energii elektrycznej i kosztów jej dostawy są niezwykle pomocnym narzędziem w ocenie możliwych do uzyskania efektów ekonomicznych przy gospodarowaniu dostarczaną energią elektryczną (na podstawie wiarygodnych i pełnych danych na temat źródeł kosztów).

analizatory parametrów sieci AJE1 i AJE2 – podstawowe funkcje i parametry techniczne

Uwzględniając potrzebę wykonywania pomiarów wielkości elektrycznych oraz wyznaczania parametrów określających jakość energii elektrycznej oraz zgodnie z przyjętymi i wprowadzonymi do stosowania normami (np. PN-EN 50160 i EN 61000-4-30), a także publikacjami nowych postanowień prawnych, zastosowano w analizatorach parametrów sieci: **AJE1** (tablicowym) i **AJE2** (przenośnym) tryb przesyłania zgromadzonych próbek mierzonych napięć i prądów odczytanych do mikrokomputera łączem interfejsowym.

Opracowany program wizualizacyjny **METROL40** korzysta z przesy-

łanych danych i znacznie wzbogaca możliwości pomiarowe przyrządów. Jest to rozwiązanie kompleksowe, uwzględniające pomiary wybranych wielkości, diagnostykę odczynań napięć i prądów sieci elektroenergetycznej oraz rejestrację zdarzeń występujących w warunkach zaburzeń.

zdalny odczyt, prezentacja wyników pomiarów i parametrów jakości energii elektrycznej

Zadanie kompleksowego monitorowania jakości energii elektrycznej jest pojęciem obejmującym zarówno pomiar, wizualizację i rejestrację wielu parametrów sieci elektroenergetycznej, jak i pełną ocenę skutków występowania w niej zaburzeń (poprzez ocenę wpływu odpowiednich działań zmierzających do ustalenia przyczyn ich wystąpienia). Wymaga to właściwego wyposażenia technicznego np. poprzez dobór przyrządów pomiarowych. Powinny one zapewniać bezpośredni dostęp do wyników pomiarów oraz danych wypracowanych w przyrządach, a także czytelną ich prezentację mogącą przyspieszyć podejmowanie niezbędnych działań.

Ponieważ standardem jest obecnie wyposażanie analizatorów parametrów sieci w łącza komunikacji szeregowej, np. RS-485 i wszelkiego rodzaju możliwości podłączeń

Opcja programu	Opis
Wizualizacja wyników	Wizualizacja wyników bezpośrednio odczytanych z urządzeń i analiza harmonicznych on-line.
Pobieranie danych z bufora urządzenia	Pobieranie zarejestrowanych danych z analizatora (po zakończeniu przez niego rejestracji danych), pracującego w trybie autonomicznego rejestratora parametrów energetycznych.
Pobieranie zdarzeń sieci energetycznej	Pobranie zdarzeń sieci energetycznej z analizatora AJE, który pracował jako rejestrator zdarzeń sieci energetycznej.
Raporty	Zawiera wykaz wszystkich badań wraz z wykazem czasu ich rozpoczęcia i zakończenia. Z zebranych danych możliwe jest generowanie raportów z uwzględnieniem potrzeb użytkownika.
Ustawienia programu	W ramach ustawień należy wyróżnić te dotyczące współpracującego przyrządu (prędkość transmisji, adres przyrządu itp.) oraz ustawienia programu (zakresy alarmowe dla poszczególnych wielkości lub harmonicznych i interwał czasowy rejestracji danych).

Tab. 1 Funkcje programu wizualizacyjnego METROL40

do systemu informatycznego, użytkownik otrzymuje możliwość analizowania na bieżąco wybranych parametrów poprzez ich odczyt na odległość. Nie mniej ważna jest także selektywna prezentacja tylko tych parametrów, jakie narzucają warunki zarządzania jakością energii elektrycznej w miejscu zainstalowania takiego wielofunkcyjnego przyrządu. Stosowane są najczęściej do tego celu w analizatorach jakości energii wyświetlacze graficzne LCD, które umożliwiają w miejscu zainstalowania wyświetlanie wartości liczbowych lub prezentację graficzną wyników w postaci wykresu, histogramu, oscylogramu wartości chwilowych, listy zdarzeń z filtracją itp. W takie możliwości wyposażone zostały analizatory parametrów sieci AJE1 i AJE2 produkowane przez OBR ME

„METROL” w ramach współpracy z Przedsiębiorstwem Wielobranżowym ERA-GOST Sp. z o.o. w których zastosowano wyświetlacz graficzny z funkcją podświetlania na określony czas odczytu.

Ponieważ jakość energii elektrycznej jest określana wieloma parametrami, to w celu ujednolicenia metod ich wyznaczania oraz wyrażania wartości poszczególnych parametrów wprowadzane zostały i są stosowane odpowiednie normy i rozporządzenia, w których określenie cech jakościowych jest wymaganiem podstawowym. Opracowane w ten sposób wyniki pomiarów, przygotowane do prezentacji np. z wykorzystaniem odpowiedniego programu wizualizacyjnego, odgrywają coraz większą rolę w procesie diagnostycznym kontrolowanego obiektu i ułatwiają zlokalizowanie przyczyny powstawania zaburzeń w sieci elektroenergetycznej. Kompleksowe zarządzanie jakością energii elektrycznej przy tak dużej liczbie przepływających i zależnych od siebie informacji oraz szybki dostęp do wyników pomiarów i danych są możliwe tylko dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu – przyrządowemu lub zarządzającemu w ramach rozproszonego systemu monitorowania.

oprogramowanie wizualizacyjne przyrządowe

Jednym z czynników mającym stymulować zachowanie wymaganych parametrów określających ja-

Podstawowe parametry techniczne analizatorów parametrów sieci AJE1 i AJE2 (szczegółowe dane znajdują się w karcie katalogowej na stronie www.metrol.pl/oferta/mcyfr/ajel.html).

Sygnały wejściowe:

- prądy fazowe – 1 A, 5 A (X/5 A)
- napięcia fazowe – $100/\sqrt{3}$ V (X/100/ $\sqrt{3}$ V), 127 V, 230 V, 400 V

Zakresy mocy wybrane z ciągu liczbowego: 1; 1,2; 1,5; 2; 4; 5; 6; 8 W, kW, MW, var, kvar, Mvar, VA, kVA, MVA

Klasa dokładności:

- prąd, napięcie – 0,5
- moc czynna, bierna, pozorna – 0,5
- częstotliwość – 0,1
- współczynniki mocy oraz kąta przesunięcia fazowego – 1
- energii czynnej – 1 wg IEC 1036

Pamięć wyników pomiarów: nieulotna

Pole odczytowe: wskaźnik graficzny LCD (160×128)

Napięcie probiercze izolacji wg PN-EN 61010: 3 kV

Stopień ochrony obudowy wg PN/E-08106: IP54 od strony tablicy, IP20 od strony zacisków

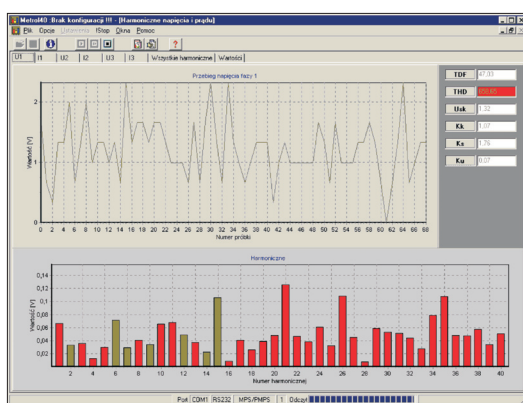
Zasilanie U_{zas} - 85...253 V, AC/DC

Pobór mocy w obwodzie zasilania: ≤10 V·A

Wymiary gabarytowe: AJE1 – 144×144×110 mm, AJE2 – 385×490×144 mm

kość energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym jest stosowanie norm, które definiują poszczególne charakterystyczne parametry, wartości znamionowe i dopuszczalne zakresy wahań tych parametrów, ustalają standardy „towaru”, jakim jest energia elektryczna. Podstawowe parametry opisujące jakość energii elektrycznej, które określone są w obowiązujących normach (np. PN-EN 50160 i EN 61000-4-30) to:

- częstotliwość sieci, jej napięcie nominalne U_n oraz asymetria napięć,
 - współczynnik zawartości harmonicznych THD (dla napięć i prądów), określający odkształcenia przebiegów sygnałów w sieci elektroenergetycznej,
 - poszczególne składowe harmoniczne napięć i prądów oraz interharmoniczne,
 - współczynnik mocy $\text{tg}\phi$ lub $\text{cos}\phi$.
- Do zaburzeń występujących w sieci elektroenergetycznej zalicza się najczęściej:
- zapady lub wzrosty napięcia oraz zaniki napięcia,



Rys. 2 Wizualizacja wyników dla przebiegów prądów i napięć w sieci elektroenergetycznej

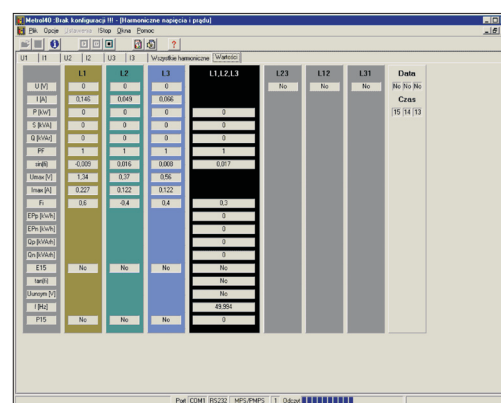
- wahania napięcia objawiające się zjawiskiem migotania światła,
- szybkie zmiany napięcia i zjawiska przecięć,
- asymetrię napięcia,
- przerwy w zasilaniu,
- przekroczenia współczynnika mocy $\text{tg}\phi$,
- przekroczenie zawartości poszczególnych harmonicznych oraz współczynnika THD.

Ważnym zagadnieniem w kontroli parametrów sieci energetycznej jest zarządzanie tak dużą ilością danych, ich archiwizacja, wizualizacja oraz raportowanie wyników. Warunki te spełnia pro-

gram przyrządowy METROL40, współpracujący w pełni analizatory parametrów sieci AJE1 i AJE2. Stanowi on niezbędne uzupełnienie tych wielofunkcyjnych przyrządów i w bardzo istotny sposób wpływa na ich funkcjonalność.

Program METROL 40 jest programem przyrządowym przeznaczonym do współpracy z analizatorami jakości energii serii AJE (szczegółowe dane znajdują się na stronie <http://www.metropol.pl/oferta/oprogr.html>). Program został tak zaprojektowany, aby można go stosować zarówno w pomiarach jednorazowych (przez określony czas), jak i badaniach ciągłych parametrów sieci elektroenergetycznej. Wyniki pomiarów są rejestrowane w bazie danych z możliwością pełnego dostępu poprzez prezentowanie ich w postaci tabeli danych lub w postaci graficznej (wykresów) o rozbudowanych możliwościach analizowania przebiegów oraz drukowania wybranych raportów. Program jest także wyposażony w elementy służące diagnostyce systemu przy monitorowaniu parametrów jakości energii elektrycznej.

Dla programu przyrządowego METROL 40 opracowano wykonywane funkcje zgodne z obowiązującymi normami (tab. 2), które odnoszą się do monitorowania jakości energii elektrycznej w takim zakresie, aby „zestaw pomiarowy” złożony z analizatora parametrów sieci serii AJE i programu METROL 40 umożliwiał diagnostykę wymaganych parametrów w sieci elektroenergetycznej.



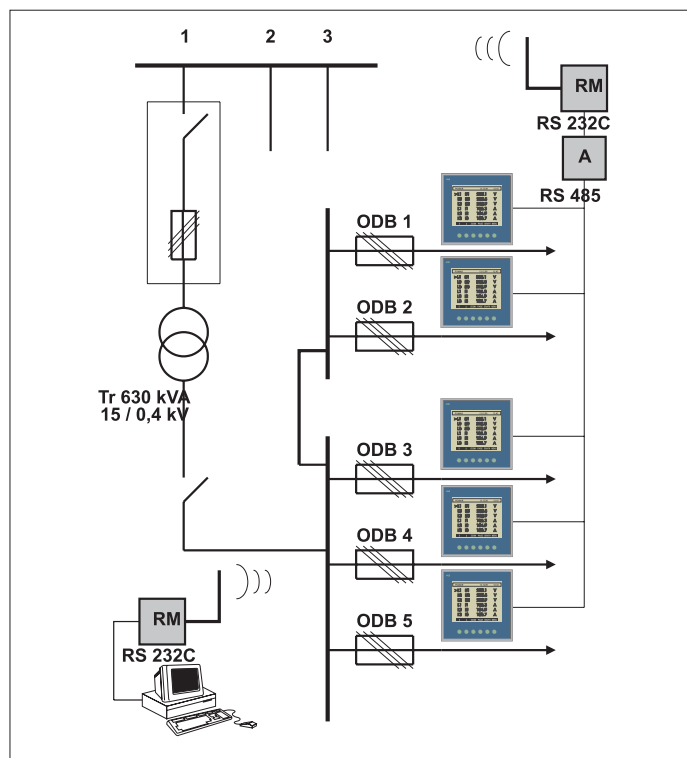
Rys. 3 Okno główne programu METROL 40 (wizualizacja wyników pomiarów)

Przykładowe funkcje, odnoszące się do wizualizacji wyników dla przebiegów prądów i napięć w sieci elektroenergetycznej w programie METROL 40 pokazano na **rysunku 2**. Po rozpoczęciu rejestracji wyniki pomiarów analizatora parametrów sieci serii AJE można obejrzeć na panelu wizualizacyjnym, gdzie przedstawione są przebiegi napięć i prądów dla poszczególnych faz. Na wybranych wykresach prezentowane są np. harmoniczne napięć i prądów. Panel wizualizacji wyników został podzielony na dwie zakładki: napięcia i prądy z przebiegami harmonicznymi dla poszczególnych faz w sieci i wykaz wartości wszystkich zmiennych.

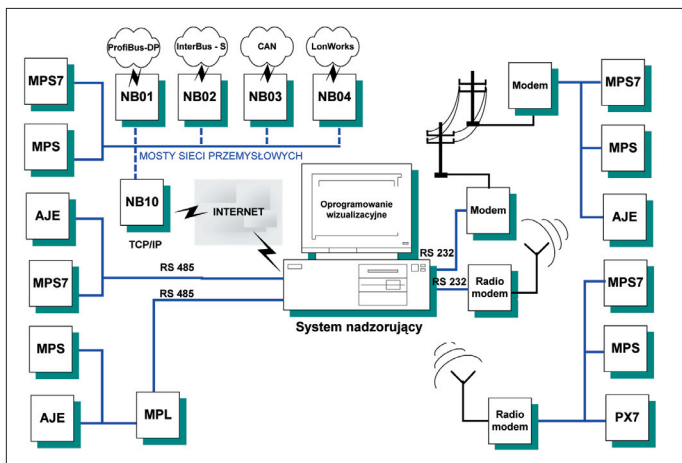
Wizualizacja wyników pomiarów w programie METROL 40 umożliwia użytkownikowi dostarczanie bieżącej informacji o wybranych parametrach sieci elektroenergetycznej. Przekroczenie wartości granicznych przez jakąkolwiek z harmonicznych powoduje sygnalizację w postaci zmiany koloru na czerwony.

rozproszone systemy monitorowania parametrów jakości energii elektrycznej – przykłady zastosowań AJE1

Rozproszone systemy monitorowania parametrów jakości energii elektrycznej z wykorzystaniem analizatorów parametrów sieci serii AJE i oprogramowania zarządzającego w koncepcji ogólnej przedstawiono na **rysunku 4**.



Rys. 4 Rozproszony system monitorowania jakości energii elektrycznej – koncepcja ogólna



Rys. 5 Rozproszony system monitorowania parametrów jakości energii elektrycznej - rozwiązanie kompleksowe z wykorzystaniem analizatorów parametrów sieci serii AJE oraz innych przyrządów produkowanych w OBR ME „METROL”

Norma	Dotyczy
PN-EN 50160	Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
IEC 61000-2-2	Graniczne wartości przy pomiarze harmonicznych.
IEC 61000-2-4	Kompatybilność elektromagnetyczna. Środowisko – poziomy kompatybilności dotyczące zaburzeń przewodzonych małej częstotliwości w sieciach zakładów przemysłowych.
IEC 61000-3-2	Kompatybilność elektromagnetyczna. Dopuszczalne poziomy. Dopuszczalne poziomy emisji harmonicznych prądu (fazowy prąd zasilający ≤ 16 A).
IEC 61000-3-3 PN-IEC 1000-3-3	Kompatybilność elektromagnetyczna. Dopuszczalne poziomy. Ograniczenia wahań napięcia i migotania światła powodowane przez odbiorniki prądu znamionowym ≤ 16 A. W sieciach zasilania nn.

Tab. 2 Wykaz norm

Kompleksową propozycję z wykorzystaniem analizatorów parametrów sieci serii AJE oraz innych przyrządów pomiarowych produkowanych przez OBR ME „METROL”, a stosowanych w diagnostyce sieci elektroenergetycznych, przeznaczoną dla rozpro-

szzonego systemu monitorowania jakości energii elektrycznej przedstawiono na **rysunku 5**.

Wymagania stawiane współczesnym układom zasilania dotyczą głównie wysokiego poziomu pewności zasilania i stale wzrastają. Po-

pyt na takie systemy zwiększa się, coraz bogatsza jest oferta sprzętowa i programowa do ich budowy. Wiele firm wykorzystuje najnowsze technologie z zakresu telekomunikacji, przetwarzania danych, prowadzenia komunikacji satelitarnej oraz wielu usług internetowych i zużywa coraz więcej energii elektrycznej, przy jednoczesnym wymaganiu od dostawcy, aby jej jakość była jak najwyższa. Obecnie jednym z głównych czynników kosztowych są w wielu przedsiębiorstwach opłaty za energię elektryczną. Stąd też niezwykle ważną, ale chyba jeszcze niedocenianą cechą systemu monitorowania jakości energii elektrycznej jest jego przydatność diagnostyczna. System monitorowania parametrów jakości energii o takich cechach, wyposażony w wielofunkcyjne przyrządy pomiarowe, takie jak np. analizatory parametrów sieci serii AJE produkowane przez OBR ME „METROL” w ramach współpracy z Przedsiębiorstwem Wielobranżowym ERA-GOST Sp. z o.o. pozwala na podstawie gromadzonych wyników pomiarów dysponować informacjami o przebiegu zjawisk zaburzących poprawną pracę układu zasilania oraz umożliwia zrozumienie przyczyn ich powstawania.

Tym samym możliwe jest opracowanie w ramach przedsiębiorstwa planu działań zapobiegawczych i w uzasadniony ekonomicznie sposób niedopuszczanie do wystąpienia poważnych awarii, których skutki finansowe niejednokrotnie mogą być znacznie wyższe od kosztów zainstalowania rozproszonego systemu monitorowania jakości energii elektrycznej. Analizatory parametrów sieci AJE1 i AJE2, stanowiące podstawowe elementy rozproszonego systemu monitorowania jakości energii elektrycznej, sprzedawane są w sieci dystrybucyjnej Przedsiębiorstwa Wielobranżowego ERA-GOST Sp. z o.o.

Od redakcji: Literatura do artykułu na www.elektro.info.pl.

reklama



P.W. ERA-GOST Sp. z o.o.
09-500 Gostynin
ul. Płocka 37
tel. (0-24) 235 20 11
faks (0-24) 235 33 81
www.eragost.pl

reklama

DOSKONAŁA RODZINA MIERNIKÓW CĘGOWYCH

APPA®



- Appa A7** Odczyt 2000. ACA do 200A. ACV/DCV do 600V. Ω do 2k Ω . Test ciągłości. Data Hold. Odtwarzane przewody pomiarowe (Appa A7D)
- Appa A8** Odczyt 2000. ACA do 200A. ACV/DCV do 750V/1000V. Ω do 2k Ω . Test ciągłości. Data Hold. ϕ 23mm
- Appa A9** Odczyt 10000. Automatyczny wybór podzakresów oraz wielkości pomiarowych. ACA do 400A. ACV/DCV do 750V/1000V. Ω do 2k Ω . Test ciągłości. Data Hold. ϕ 27mm
- Appa A7A** Odczyt 10000. Automatyczny wybór podzakresów oraz wielkości pomiarowych. ACA do 200A. ACV/DCV do 750V/1000V. Ω do 2k Ω . Test ciągłości. Data Hold
- Appa A6** Odczyt 10000. Automatyczny wybór podzakresów oraz wielkości pomiarowych. Automatyczne włączenie podświetlania wyświetlacza. ACA do 600A. ACV/DCV do 750V/1000V. Ω do 2k Ω . Test ciągłości. Data Hold. ϕ 32mm



02-784 Warszawa, Janowskiego 15
tel./fax: (0-22) 641 65 7, 644-42-50
[http:// www.ndn.com.pl](http://www.ndn.com.pl) e-mail: 65@ndn.com.pl