

SYSTEM ZARZĄDZANIA I MONITORINGU SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ ZAKŁADU PRZEMYSŁOWEGO

Krzysztof PĘDZISZ

TELE-FONIKA Kable S.A., 30-663 Kraków, ul. Wielicka 114

tel: (12) 652-52-35

fax: (12) 652-52-34

e-mail: krzysztof.pedzisz@tfkable.pl

Streszczenie: W referacie zaprezentowano system monitoringu i nadzoru rozdzielni średniego napięcia, służący do kontroli wewnętrzzakładowej sieci elektroenergetycznej i głównych zasilaczy zakładu przemysłowego. Głównymi elementami wchodzącymi w skład systemu jest stacja operatorska i podłączone do niej urządzenia obiektowe, którymi są: zabezpieczenia w sieci średnich napięć typu Sepam. W skład systemu wchodzi również analizatory sieci kontrolujące parametry zasilania. Stacja operatorska systemu wyposażona jest w oprogramowanie SMS-1500, które pozwala monitorować sieć, oceniać wydajność jej pracy i optymalizować rozpyły mocy. Jego zaletą jest moduł kontroli parametrów energii elektrycznej i analizy zakłóceń w sieci elektroenergetycznej. Referat przedstawia analizę stanów zakłóceń, na głównych przyłączach zasilających zakład przemysłowy w energię elektryczną.

Słowa kluczowe: system monitoringu, sieć elektroenergetyczna, jakość energii elektrycznej.

1. WPROWADZENIE

Postępująca automatyzacja procesów produkcyjnych, wzrastający stopień skomplikowania systemów technicznych sprawiają, że w wielu przedsiębiorstwach problemem zasadniczym jest zapewnienie ciągłości procesu produkcyjnego oraz optymalnych parametrów mediów energetycznych zasilających urządzenia i instalacje technologiczne.

Konkurencyjność rynku wymaga od przedsiębiorstw stałej poprawy efektywności działania. Poszerzenie zakresu wspomaganie działalności poprzez wprowadzenie nowoczesnych technologii informatycznych jest jednym z możliwych kierunków takiego działania.

Energia elektryczna jest jednym z podstawowych energomediów wykorzystywanym w przemyśle, a koszty jej zakupu niejednokrotnie, w zależności od rodzaju technologii, stanowią znaczącą część kosztów przedsiębiorstwa, dlatego tak istotne staje się jej nadzorowanie i monitoring zużycia [1].

Współczesne systemy zarządzania energią wspomagają strategie energetyczne w przedsiębiorstwie, a szeroki wachlarz informacji dostarczanych przez nie, czyni je użytecznymi także dla innych działów, jak technologiczne, produkcyjne czy finansowe.

Wyspecjalizowane systemy monitorujące kluczowe obwody elektroenergetyczne zakładu przemysłowego stanowią kompletne i spójne rozwiązanie stosowane do zarządzania energią. Pozwalają sprzęgnąć urządzenia w sieć komunikacyjną oraz przesyłać dane pomiędzy nimi a jednym lub wieloma nadzorującymi sieć komputerami. Podstawowym celem tego typu systemów jest pełna kontrola nad siecią, kosztami eksploatacji oraz pewnością i jakością zasilania, a dodatkowo nadzór poboru mocy i zużycia energii.

2. SYSTEM MONITORINGU

W dobie coraz silniejszej konkurencji rynkowej, istotnym i stale zyskującym na znaczeniu elementem gospodarki energetycznej przedsiębiorstw produkcyjnych staje się racjonalizacja zużycia nośników energetycznych, mająca na celu redukcję udziału tych kosztów w całkowitych kosztach działalności. Właściwą drogą do osiągnięcia tego celu jest optymalizacja sposobu zakupu i zużycia mediów energetycznych, w tym energii elektrycznej, w oparciu o dokładne pomiary i odpowiednie analizy tych danych.

Współczesne systemy monitoringu zasilania w przedsiębiorstwie, systemy nadzoru i zarządzania, dają możliwość obserwacji parametrów i stanu obiektów objętych ich zasięgiem, zwiększają niezawodność, usprawniają diagnostykę, minimalizują nieplanowane przestoje oraz dają użytkownikowi narzędzie kontroli kosztów energii.

Do ich podstawowych zalet można zaliczyć [5]:

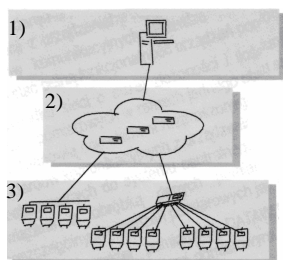
- ciągły monitoring i rejestrację poboru mocy i energii,
- monitorowanie wielkości analogowych (napięcie, prąd, częstotliwość itp.) oraz dwustanowych (sygnalizacja przekroczenia zadanej wielkości – np. strażnik mocy umownej, położenie styków wyłącznika, itp.),
- szybki dostęp do wszystkich zarejestrowanych danych źródłowych oraz analiz w jednym miejscu,
- racjonalizację i optymalizację zużycia energii elektrycznej przez cały zakład i poszczególne jego wydziały,
- optymalizację kontraktu i wspomaganie negocjacji warunków rozliczeń z dostawcą energii,

- graficzne odzwierciedlenie stanu sieci rozdzielczej, przez co możliwe jest scentralizowanie danych oraz przedstawienie ich w dogodnym formacie na panelu operatorskim,
- wspomaganie analiz, dokumentowania, raportowania i sprawozdawczości,
- kontrola parametrów jakości energii elektrycznej: analiza harmonicznych, detekcja pików i zapadów napięcia oraz detekcja i rejestracja zakłóceń.

2.1. Architektura systemu

Omawiany system monitoringu dedykowany jest do wszystkich systemów rozdziału energii. Jest zestawem urządzeń wyposażonych w moduł komunikacyjny i specjalizowane oprogramowania umożliwiającego współpracę na platformie systemu operacyjnego Windows. Składa się on ze stacji operatorskiej i podłączonych do niej urządzeń obiektowych (rys. 1), którymi są zabezpieczenia w sieci średnich napięć. W skład systemu wchodzi również analizatory sieci kontrolujące główne linie zasilające zakład przemysłowy.

Stację operatorską systemu stanowi komputer PC. Urządzenia pomiarowe systemu mogą być wykorzystywane we wszystkich typach instalacji elektrycznych i pokrywają szeroki zakres potrzeb począwszy od prostych funkcji jak pomiar prądu, napięcia, aż do analizy harmonicznych i rejestracji pików i zapadów napięcia.



Rys. 1. Architektura systemu: 1 – specjalizowane oprogramowanie, 2 – interfejs komunikacyjny, 3 – urządzenia kontrolno-pomiarowe [10]

Dane z urządzeń kontrolno-pomiarowych są transmitowane poprzez wydzielone gałęzie sieci Ethernet za pomocą protokołu Modbus-TCP/IP. Przyłączenie zespołów pomiarowych do sieci zrealizowane jest za pomocą bramek Modbus/TCP/IP typu EGX, które z jednej strony pozwalają na transmisję w sieci Ethernet a z drugiej umożliwiają dołączenie umieszczonych w przedziałach niskonapięciowych zabezpieczeń średnich napięć rozdzielnic głównej 15 kV i bramki Nport (do komunikacji z analizatorami sieci zainstalowanymi na głównych zasilaczach zakładu) oraz zespołu SWITCH. Wszystkie urządzenia wchodzące w skład interfejsu komunikacyjnego są zainstalowane w szafie komunikacji. Zestawione w ten w ten sposób urządzenia realizują transmisję według standardu Ethernet z prędkością 10/100MHz Bas XT, a także zapewniają połączenie z siecią zakładową [11].

Interfejs komunikacyjny pełni rolę pomostu pomiędzy urządzeniami a aplikacją uruchomioną na PC. Rolą interfejsu jest interpretacja protokołu oraz fizyczne połączenie elementów systemu.

Specjalistyczne oprogramowanie umożliwia prowadzenie ruchu sieci energetycznej zakładu ze

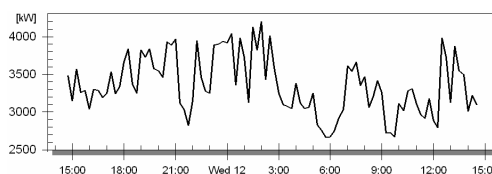
szczególnym uwzględnieniem nadzoru zużycia energii elektrycznej oraz rejestracji zdarzeń i alarmów. Funkcjonalność i ergonomiczność systemu oparta została na prostych, dobrze sprawdzonych zasadach dostępu do informacji. System korzysta z łatwo definiowanych i rozwijanych przez operatora okien i tabel, stopniowej i kontekstowej prezentacji danych pomiarowych oraz używa przejrzystego zestawu kolorów służących do kodowania zdarzeń i animacji pracy urządzeń.

2.2. Oprogramowanie

Urządzenia kontrolno-pomiarowe gromadzą wszelkie dane istotne z punktu widzenia pracy sieci rozdzielczej zakładu przemysłowego, a oprogramowanie analizuje dane krytyczne, niezbędne do odpowiedzialnego zarządzania energią [3].

Wszystkie dostępne, w analizatorach sieci i przekaźnikach zabezpieczeniowych, dane pomiarowe mogą być archiwizowane w wewnętrznej bazie danych systemu SQL [11]. Zarządzanie tak utworzoną bazą danych zapewnia specjalna autonomiczna część systemu. Do analizy tych danych służy specjalny moduł programowy – menadżer informacji systemowej. Moduł ten organizuje, za pomocą standardowego narzędzia MS-SQL Server, zarządzanie bazą danych i umożliwia przygotowywanie raportów. Możliwe jest przygotowanie zestawień w postaci różnych form histogramów, jak również opracowanych na podstawie danych historycznych wykresów (rys. 2) i trendów.

Rozdzielnicą jest reprezentowana za pomocą animowanej w czasie rzeczywistym synoptyki odzwierciedlającej schemat pracy układu elektroenergetycznego, w sposób typowy dla systemu .



Rys. 2. Dobowy pobór mocy z jednego przyłącza

Bardzo istotną dla określania przyczyn zakłóceń jest możliwość wyświetlania, zapamiętanych przez analizatory sieci i zabezpieczenia, oscylogramów przebiegów wartości chwilowych napięć i prądów, szczególnie w stanach zakłóceńowych.

System zarządzania i potwierdzania alarmów realizuje następujące funkcje:

- śledzenie i rejestracja występujących w sieci elektroenergetycznej zdarzeń i alarmów będących pochodną występowania zakłóceń,
- zarządzanie listą alarmów bieżących oraz wgląd w listę alarmów niepotwierdzonych,
- diagnostyki zarejestrowanych błędów.

Poszczególne alarmy opisane są systemem kolorów sygnalizującym wizualnie ich priorytet i znaczenie. Linia opisu alarmu zawiera czas wystąpienia alarmu, urządzenie, w którym alarm występuje, wartość przekroczenia, stan i poziom alarmu, a także mechanizm opisu pozwalający określić dokładnie źródło jego powstania.

Oprogramowanie systemowe umożliwia rejestrację większości pojawiających się podczas eksploatacji

instalacji zdarzeń. System rejestracji zdarzeń obejmuje swoim zakresem zarówno zdarzenia związane z mierzonymi wartościami jak również z wszelkimi działaniami w systemie oraz szeroko pojętą diagnostyką.

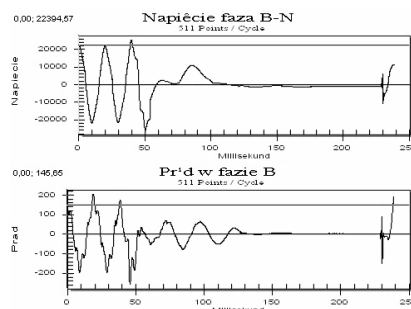
Sporządzanie raportów jest realizowane w systemie za pomocą modułu programowego tzw. kreatora raportów. Oprogramowanie to korzysta z zapamiętanych w bazie systemowej SQL rekordów zawierających historyczne dane pomiarowe. Czynności te można wykonywać na bieżąco lub algorytmizować w postaci powtarzających się działań.

3. JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Czułość urządzeń technologicznych na jakość zasilającej je energii elektrycznej wzrasta wraz z zaawansowaniem i skomplikowaniem technologii. Wpływ parametrów energii elektrycznej na produktywność i zyskowność odbiorców przemysłowych jest tak duży i różnorodny jak różnorodność technologii i urządzeń wykorzystywanych w przedsiębiorstwie. W takiej sytuacji nieodzownym staje się stosowanie specjalistycznych systemów monitoringu sieci elektroenergetycznej, rejestrujących zdarzenia zakłócające jej pracę oraz ułatwiających szybką lokalizację problemów [8].

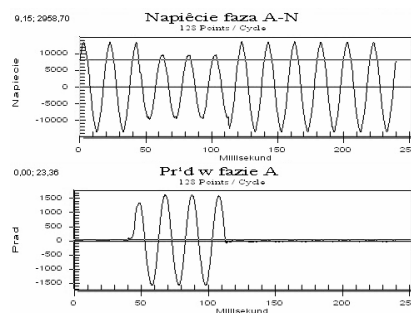
Do najczęściej występujących zaburzeń elektromagnetycznych w środowisku przemysłowym można zaliczyć: zapady napięcia, krótkie przerwy w zasilaniu, harmoniczne i odkształcenia napięcia [4]. Mimo, iż świadomość problemów związanych z jakością energii elektrycznej nieustannie wzrasta, wśród jej odbiorców, to jednak jeszcze w wielu przedsiębiorstwach przemysłowych wpływ parametrów energii elektrycznej na ciągłość procesów technologicznych i zyskowność przedsiębiorstwa jest niedoceniany, traktowany jako normalny i akceptowany. Parametry takie, jak: miejsce wystąpienia, wielkość i czas trwania zakłócenia, jak również rodzaj zdarzenia i podatność odbiorów na jego wystąpienie, w sposób znaczący wpływają na jakość energii elektrycznej w zakładach przemysłowych. W niektórych przypadkach dołożenie pojedynczej maszyny czy urządzenie może wytworzyć zupełnie nowe warunki i stanowić źródło problemów dla zakładowego systemu elektroenergetycznego [9]. Zrozumienie złożoności zagadnień jakości energii elektrycznej i jej monitoring mogą w znaczący sposób przyczynić się do poprawy parametrów energii elektrycznej zasilającej obiekty produkcyjne i warunków pracy elektroenergetycznej sieci zakładowej.

Na rysunku 3 zostały przedstawione przebiegi napięć i prądów zarejestrowane, przez analizator sieci na zasilaniu zakładu przemysłowego, podczas zapadu napięcia. Skutkiem tego zdarzenia, które trwało zaledwie kilka milisekund, było wyłączenie licznych maszyn i znaczne straty w produkcji. Dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu i zapisanym w bazie danych informacjom o zdarzeniu, po dokonaniu odpowiedniej analizy możliwe było jednoznaczne wskazanie źródła zakłóceń, które dla prezentowanego przypadku znajdowało się powyżej punktu pomiarowego, tzn. pochodziło od strony dostawcy energii elektrycznej.



Rys. 3. Zapad napięcia spowodowany zwarciem w systemie zasilającym

Inna sytuacja została zaprezentowana na rysunku 4. Zarejestrowane przez analizator sieci przebiegi dotyczą tego samego typu zdarzenia zakłócieniowego, na zasilaniu omawianego zakładu przemysłowego, co wcześniejsze rejestracje, z tą jednak różnicą, że zapad napięcia został wygenerowany poniżej punktu pomiarowego, a więc wewnątrz sieci odbiorcy.

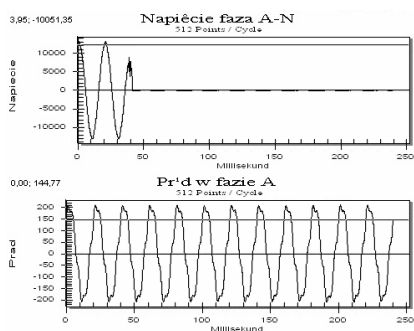


Rys. 4. Zapad napięcia wygenerowany po stronie odbiorcy energii elektrycznej

Charakterystyczny dla tego typu sytuacji jest wzrost wartości prądów fazowych w momencie zapadu napięcia w odpowiednich fazach. Przyczyną takiego zjawiska może być rozruch dużego napędu, którego prąd rozruchowy, przez bardzo krótki czas, może wynosić 6÷10 prądów znamionowych, powodując zakłócenia pracy urządzeń wrażliwych na gwałtowne, acz krótkotrwałe obniżenia napięcia. Zaburzenia w postaci pików napięcia są rzadsze niż zapady, jednak mogą pojawić się w chwili wyłączania znacznego odbioru, powodując zadziałanie zabezpieczeń nadnapięciowych.

Lokalizacja źródła zakłócenia w postaci zapadów napięcia, na zasilaniu zakładu, z wykorzystaniem systemu SMS-1500, jest bardzo szybka i prosta w realizacji. Rejestrowane przez system dane mogą stanowić dla odbiorcy energii elektrycznej mocny atut w sprawie dochodzenia ewentualnych roszczeń u dostawcy, za poniesione straty w produkcji.

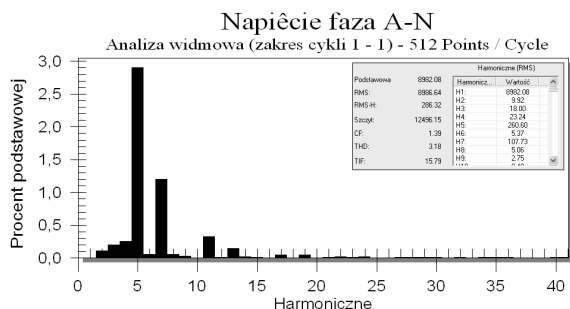
Na rysunku 5 zaprezentowane zostały przebiegi napięć i prądów fazowych zarejestrowane przez system w momencie całkowitego zaniku napięcia na linii zasilającej zakład.



Rys. 5. Krótka przerwa w zasilaniu

Zapady napięcia i krótkie przerwy w zasilaniu są zaburzeniami wymienianymi, przez odbiorców przemysłowych, jako główne źródła ich problemów związanych z jakością energii elektrycznej.

Niesinusoidalne przebiegi czasowe napięcia i prądu są spowodowane pracą odbiorników o nieliniowej charakterystyce w systemie elektroenergetycznym. Zaburzenia harmoniczne prowadzą do powstania prądów o wartości wyższej niż spodziewana i zawierają składowe harmoniczne. Do negatywnych skutków składowych harmonicznych można zaliczyć nadmierne grzanie się urządzeń i skrócenie czasu ich eksploatacji, niedokładne pomiary, przeciążenia kondensatorów, grzanie się przewodu neutralnego oraz obniżenie sprawność energetycznej urządzeń [2].



Rys. 6. Widmo harmonicznych napięcia zasilającego i ich analiza

Na rysunku 6 zostało przedstawione widmo harmonicznych napięcia zasilającego, wygenerowane w stanie pracy normalnej przez omawiany system nadzoru. Analiza poszczególnych harmonicznych wskazuje na dominujący udział harmonicznych 5. i 7., a ich poziomy nie przekraczają zdefiniowanych w normie [7] wartości, odpowiednio 6% i 5%. Harmoniczne parzyste praktycznie nie występują, a pozostałe nieparzyste, powyżej częstotliwości 350 Hz, mają bardzo małą wartość. Poziom współczynnika zawartości harmonicznych THD (rys. 6) mieści się w normie, a jego wartość w znaczącym stopniu tworzona jest przez harmoniczne dominujące.

4. WNIOSKI

Poziom monitorowania i nadzoru nad siecią rozdzielczą w zakładzie przemysłowym zależy od tego jakie konsekwencje może mieć jej awaria oraz jak jakość energii wpływa na proces technologiczny. Monitorowanie infrastruktury elektroenergetycznej i parametrów energii elektrycznej, jak również zrozumienie skali i złożoności zagadnienia jakości energii elektrycznej, może przyczynić się, w znacznym stopniu, do neutralizacji jej wpływu na urządzenia i instalacje technologiczne przedsiębiorstwa.

Dobre zarządzanie może odbywać się tylko w oparciu o dokładne i rzetelne dane oraz ich analizy. Dane pomiarowe, pozyskiwane ze specjalistycznych systemów nadzorująco-monitorujących, stanowią najcenniejsze źródło informacji o problemach pojawiających się w sieci i ułatwiają ich szybkie rozwiązywanie [5, 6].

5. BIBLIOGRAFIA

1. Chapman D.: Wstęp do zagadnienia Jakości Zasilania. Jakość zasilania – poradnik, Polskie Centrum Promocji Miedzi S.A., Wrocław, 2001.
2. Z. Hanzelka: Jakość dostaw energii elektrycznej wyzwaniem dla współczesnej elektrotechniki. Elektroinfo, nr 12, 2006, s. 16–22.
3. M. Hoske: Monitoring zasilania w przedsiębiorstwie. Control Engineering Polska, nr 6, 2006, s. 12–20.
4. M. Olesz: Jakość energii elektrycznej w obiekcie przemysłowym. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 10, 2006, s. 48–52.
5. J. Smith: Podstawy oprogramowania do zarządzania energią. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 6/I, 2004, s. 10–18.
6. J. Smith: Zarządzanie zasilaniem w energię. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 5/I, 2004, s. 12–18.
7. PN-EN 50160: 2002/AP1 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych. Kwiecień 2005.
8. PowerLogic Systems Solutions: Justifying A Power Management System. V5, I1, <http://www.powerlogic.com> – link aktualny na dzień 30.04.2007.
9. PowerLogic Systems Solutions: Power Quality – Where Did That Event Come From? V7, I2, <http://www.powerlogic.com> – link aktualny na dzień 30.04.2007.
10. ETNA, 2002: Nowoczesna zarządzanie kosztami mediów energetycznych. Materiały informacyjne firmy Winuel S.A., Wrocław.
11. SMS, 2005: System nadzoru sieci elektroenergetycznej SMS-1500. Opis systemu firmy Schneider Electric Polska Sp. z o.o.

INDUSTRIAL PLANT ELECTRICAL POWER GRID MANAGEMENT AND MONITORING SYSTEM

In the paper power monitoring system adapted to medium voltage industrial power grid is presented and discussed. This system can be used in all electrical distribution systems. The system is made up of three main parts: communicating devices, communication interfaces and special software. Mentioned in the article system is the answer to power management needs concerning: the cost, quality and reliability of electrical power.