



Monitorowanie zużycia energii elektrycznej

Systemy monitorowania mediów są nieodzownym elementem infrastruktury technicznej nowoczesnych fabryk. Rozwiązania tego typu nabierają szczególnego znaczenia w przypadku przedsiębiorstw, które wytwarzają własną energię elektryczną.

Damian Żabicki

Systemy monitorowania mediów odgrywają istotną rolę w ciepłowniach, elektrociepłowniach, a także w kotłowniach przyzakładowych. Ich zastosowanie obejmuje również elektrownie oraz innych producentów energii elektrycznej. Monitorowanie mediów dużą popularnością cieszy się w oczyszczalniach ścieków oraz w sieciach wodociągowych.

Kompleksowe systemy monitorowania mediów wykorzystuje się nie tylko do analizowania zużycia energii elektrycznej. Systemy pomiarowe tego typu obejmują również inne media takie jak chociażby woda, gaz ziemny czy gazy techniczne.



Źródło: Apator

Korzyści dla fabryki

Jako najważniejsze korzyści wynikające z pracy systemów monitorujących media należy wymienić przede wszystkim poprawę efektywności energetycznej. Pobór mediów jest bowiem kontrolowany w trybie ciągłym a zużyciem można zarządzać aktywnie dążąc do ciągłego obniżania kosztów. Chodzi tutaj o wszystkie media wykorzystywane w procesach produkcji – gaz, ciśnienie, ciepło itp. a nie tylko o energię elektryczną. Nowoczesne systemy samoczynnie informują operatorów o przekroczeniu ilości zamówionych mediów. Zmniejsza więc ryzyko przekroczenia limitów a w konsekwencji obciążenia karami.

Mówiąc o korzyściach wynikających z wdrożenia systemu monitorowania mediów trzeba mieć również na uwadze ciągły dostęp do danych zarówno bieżących jak i historycznych. Ponadto można prowadzić ciągłą kontrolę stanu zasilania. Instalację zasilającą urządzenia dzieli się na sekcje z uwzględnieniem różnych priorytetów zasilania. W przypadku przeciążenia można szybko odłączyć odbiorniki o mniejszym znaczeniu.

Systemy monitorowania mediów zapewniają przede wszystkim oszczędności. W fabrykach zapotrzebowanie na energię jest duże zatem każda nawet najmniejsza oszczędność ma szczególne znaczenie. Dzięki odpowiednio dobranej aparaturze kontrolno-pomiarowej łącznie z rejestratorami zakłóceń gromadzone są praktycznie wszystkie informacje dotyczące zasilania odbiorników. Energia może być więc rozliczona względem konkretnych cykli technologicznych. Ważny jest przy tym bieżący nadzór nad parametrami zasilania również w odniesieniu do jakości. Kluczowe miejsce zajmuje przy tym dwukierunkowe rejestrowanie wyższych harmonicznych. Użytkownik jest natychmiast informowany o wzroście strat energii na potrzeby produkcji, niebezpiecznych stanach, przekroczeniach zamówionej mocy czy pracy w najmniej optymalnej taryfie. Monitorowane parametry mogą dotyczyć takich urządzeń jak chociażby napędy elektryczne, agregaty prądotwórcze, filtry, instalacje fotowoltaiczne itp.



Źródło: Apaton

W typowym systemie monitorowania mediów można wyróżnić pewne stałe elementy. Przede wszystkim ważne są przyrządy pomiarowe odpowiedzialne za pomiar zużycia mediów. Istotne jest aby system był elastyczny a więc na każdym etapie eksploatacji mógł być doposażony w kolejne przyrządy pomiarowe mierzące np. zużycie gazu ziemnego, wody, gazów technicznych itp. Dane z mierników są zbierane i obrabiane, po to aby w następnej kolejności je udostępnić np. komputerach PC, panelach operatorskich czy urządzeniach mobilnych.

Liczniki energii elektrycznej

Pomiar zużycia energii elektrycznej bazuje na odpowiednich licznikach. Typowe urządzenie tego typu mierzy i rejestruje zużycie medium z uwzględnieniem definiowanych przedziałów czasowych. Przydatna jest pamięć licznika niezbędna do przechowywania wyników pomiarów. Zebrane dane można odczytać na lokalnym wyświetlaczu urządzenia. Chodzi tutaj o informacje takie jak wartość napięcia, wartość natężenia prądu, częstotliwość czy moc czynna.

Analizowanie danych

Jednak nowoczesne systemy monitorowania zużycia energii elektrycznej to nie tylko liczniki prądu. Ważna jest bowiem infrastruktura techniczna przeznaczona do gromadzenia, analizowania i udostępnienia danych. Rozbudowane platformy pozwalają śledzić koszty zużycia energii na bieżąco. Istotną rolę odgrywa analizowanie danych z uwzględnieniem wybranych przedziałów czasowych. Niektóre systemy są w stanie wygenerować raport energetyczny oraz ustawić miesięczny budżet na energię elektryczną.

Przydatną funkcjonalnością jest nadzór nad czynnikami determinującymi zużycie energii. Chodzi np. o wielkość produkcji, warunki środowiskowe czy stan techniczny maszyn i urządzeń. Mogą być tworzone modele i prognozy zużycia energii z uwzględnieniem założonych budżetów.

W zakresie funkcji analitycznych można przeprowadzić np. analizę korzyści finansowych wynikającą ze zmiany taryfy czy też analizę efektywności energetycznej po kącie konkretnego sektora przemysłu. Oprócz tego generowane są alarmy i wysyłane do zdefiniowanych użytkowników. Alarmy mogą dotyczyć chociażby wszelkich przekroczeń w zużyciu energii.

Typowy program jest w stanie generować dwa rodzaje wykresów. Są to wykresy stałe, które bazują na definicjach aplikacji oraz zmienne, tworzone na bieżąco przez użytkownika. Nowoczesne programy cechują się ciekawymi funkcjami w zakresie tworzenia raportów, przy czym mogą one powstawać w wielu formatach. Generując raport w formacie html, można go przeglądać z poziomu przeglądarki internetowej dowolnego komputera. Najczęstsze formaty dla powstałych raportów to PDF oraz xls.

Wszystkie dane są zbierane przez system i przechowywane w bazie danych – np. w formacie SQL. Przydatną funkcjonalnością programów do monitorowania zużycia energii elektrycznej jest możliwość wykorzystywania dokumentacji zgodnej z normą ISO 50001:2011.

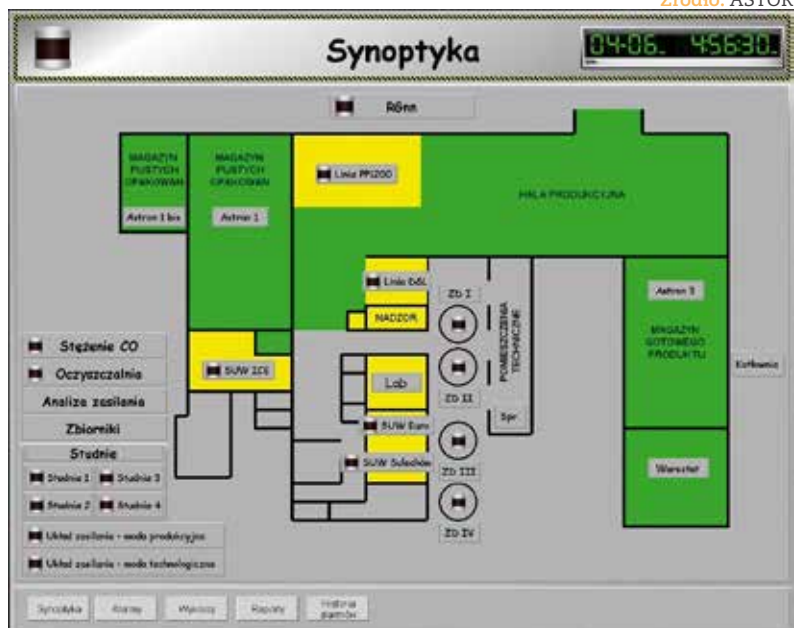
Koszty mocy biernej

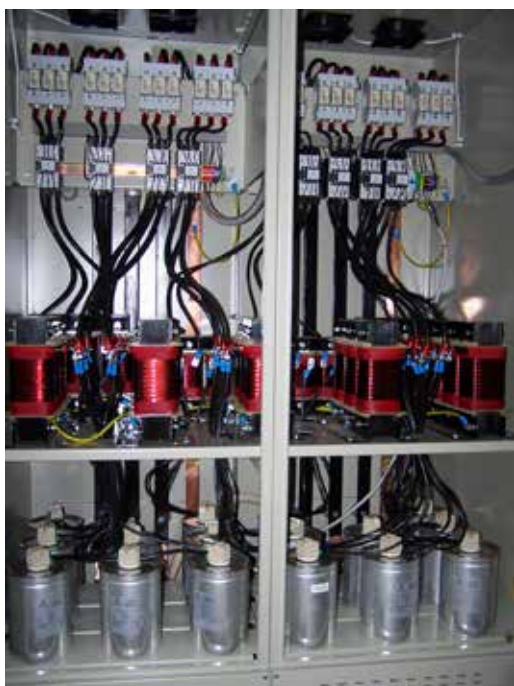
Występowanie mocy biernej powoduje zwiększenie wartości natężenia prądu, czego konsekwencją jest wyższy poziom strat energii elektrycznej w urządzeniach wytwarzających i przesyłających energię elektryczną prądu przemiennego. Bez wątpliwości odpowiednio przeprowadzana kompensacja mocy biernej pozwala zmniejszyć koszt zużycia energii elektrycznej. Energia bierna pomimo tego, że jest pobrana to się jej nie wykorzystuje bezpośrednio na potrzeby realizacji procesów wytwórczych.

W zakresie rozliczeń regulacją prawną jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 18 sierpnia

Pomiar zużycia energii elektrycznej bazuje na odpowiednich licznikach.

Źródło: ASTOR





Źródło: Elektrogama

2011 r. w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną, a także zmieniające je Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2012 r. Zgodnie z Rozporządzeniem (§ 45.1) ponadumowny pobór energii biernej występuje wtedy gdy ilość energii elektrycznej biernej odpowiada współczynnikowi mocy $\text{tg } \varnothing$ wyższemu od umownego współczynnika $\text{tg } \varnothing$ (niedokompensowanie) i stanowi nadwyżkę energii biernej indukcyjnej ponad ilość odpowiadającą wartości współczynnika $\text{tg } \varnothing$, indukcyjnemu współczynnikowi mocy przy braku poboru energii elektrycznej czynnej lub pojemnościowemu współczynnikowi mocy (przekompensowanie) zarówno przy poborze energii elektrycznej czynnej, jak i przy braku takiego poboru.

W praktyce na potrzeby rozliczeń ponadumownych poborów mocy za wyjątkiem pojemnościowego współczynnika mocy wykorzystuje się średnie wartości współczynnika mocy obliczanych w okresie rozliczeniowym. W efekcie naliczanie opłat nie obejmuje chwilowych przekroczeń zadanego współczynnika $\text{tg } \varnothing$.

Zgodnie z § 45.2 „Rozliczeniami za ponadumowny pobór energii biernej obciążani są odbiorcy zasilani z sieci średniego napięcia, wysokiego i najwyższego napięcia. Rozliczeniami tymi mogą być objęci w uzasadnionych przypadkach także odbiorcy zasilani z sieci o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV, którzy użytkują odbiorniki o charakterze indukcyjnym, o ile zostało to określone w warunkach przyłączenia lub umowie o świadczenie usług dystrybucji energii elektrycznej lub umowie kompleksowej”. Tym sposobem rozliczeniem ponadumownego poboru energii biernej może być objęty niemal każdy odbiorca, którego system zasilania nie przekracza 1 kV.

Obliczając karę wynikającą z ponadumownego poboru biernej energii indukcyjnej uwzględnia się wartość rzeczywistego współczynnika mocy $\text{tg } \varnothing$. Jest on ilorazem energii biernej do czynnej przy poborze w okresie rozliczeniowym. W przypadku współczynnika mocy wyższego od wymaganego współczynnika $\text{tg } \varnothing$ przy obliczeniach wykorzystuje się specjalny wzór.

Jak skutecznie kompensować moc bierną?

Moc bierna występująca w obwodach prądu przemiennego to wielkość, która opisuje pulsowanie energii elektrycznej pomiędzy elementami obwodu elektrycznego. Warto przypomnieć, że wyróżnia się moc bierną indukcyjną oraz moc bierną pojemnościową. Za jednostkę mocy biernej (Q) przyjęto var (ang. var – Volt Ampere Reactive). W praktyce zazwyczaj operuje się jednostką Mvar (ang. Mvar Mega Volt Ampere Reactive). W systemach dostarczania energii elektrycznej stosuje się dwa sposoby kompensacji mocy biernej. Z jednej strony jest to tzw. „naturalny” sposób poprawy parametrów sieci, zaś z drugiej „sztuczne” kompensowanie sieci.

Przy kompensowaniu naturalnym należy wziąć pod uwagę przynajmniej kilka czynników. Przede wszystkim warto uwzględnić dobór silników o właściwej mocy oraz zamianę silników niedociążonych na mniejsze. W procesie naturalnej kompensacji ważne jest zapobieganie jałowej pracy silników i transformatorów. Niejednokrotnie uwzględnia się instalowanie silników synchronicznych zamiast indukcyjnych. Sztuczne kompensowanie polega na zastosowaniu urządzeń energetycznych odpowiedzialnych za kompensowanie energii biernej. Są to systemy, w skład których wchodzi między innymi kondensatory i regulatory.

Od sposobów kompensacji należy odróżnić metody kompensacji mocy biernej. Stąd też w praktyce wyróżnia się trzy metody kompensacji mocy biernej. Jest to bowiem kompensacja centralna, grupowa



Źródło: Olmex

oraz indywidualna. W przypadku kompensacji centralnej urządzenie kompensacyjne obejmuje cały zasilany obiekt. Dzięki automatycznej regulacji wartość współczynnika mocy jest utrzymywana na żądanym poziomie. Wybierając stopień rozproszenia kompensacji należy uwzględnić stopień złożoności sieci oraz wymagany poziom jej kompensacji. Nie bez znaczenia pozostają również rodzaje odbiorów i ich charakter. Kluczowe miejsce zajmuje obecność wyższych harmonicznych w sieci. Należy wziąć pod uwagę możliwości lokalizacyjne urządzeń kompensujących.

Kompensacja grupowa obejmuje z kolei określony fragment sieci lub grupę urządzeń. W kompensacji indywidualnej dochodzi natomiast do bezpośrednio dołączania kondensatora do zacisków urządzenia. Tym sposobem zyskuje się odciążenie sieci w momencie gdy moc bierna powstaje przy samym odbiorniku. Przy kompensacji tego typu nie ma potrzeby stosowania urządzeń sterujących.

Pomiar innych mediów

W nowoczesnych fabrykach zastosowanie znajdują kompleksowe systemy monitorowania mediów obejmujące nie tylko energię elektryczną.

W instalacjach służących do pomiaru gazu instaluje się liczniki elektroniczne z wyjściami cyfrowymi. Na podstawie informacji uzyskanych dzięki licznikowi obliczane jest między innymi przewidywane zapotrzebowanie na gaz oraz przekroczenie godzinowego zużycia gazu przez poszczególne odbiorniki. Nowoczesne liczniki gazu przybierają bardziej postać komputerów służących do pomiaru przepływu. Urządzenia tego typu są w stanie współpracować ze wszystkimi rodzajami przepływomierzy. Sygnał wyjściowy jest impulsem lub standardowym sygnałem prądowym. Komputery przepływu są w stanie przeliczać przepływ masowego gazu z kompensacją ciśnienia i temperatury. Do wymiany danych z użytkownikiem przewidziano graficzny wyświetlacz.

Z kolei pomiary ciepła bazują na legalizowanych ciepłomierzach oraz na odpowiednich urządzeniach przeliczających. W nowoczesnych licznikach ciepła przewidziano funkcję aktualizacji, dzięki czemu parametry urządzenia można zmieniać się wraz z oczekiwaniami odbiorców energii. Podstawowe cechy urządzeń to wysoka dynamika pomiaru przy niskim progu rozruchu. Liczniki mogą być instalowane w dowolnej pozycji. W niektórych modelach przewidziano liczne programowalne funkcje specjalne takie jak chociażby indywidualne dobranie wartości progowej i maksymalnej. Tym sposobem zyskuje się możliwość rejestrowania wielu parametrów w różnych cyklach. Do dyspozycji użytkownika pozostaje szereg zaawansowanych funkcji – np. statystyki, wartości szczytowe, profil obciążenia

Istotny jest również pomiar zużycia wody. Liczniki wody najczęściej stanowią urządzenia mechaniczne najczęściej o konstrukcji wirnikowej (skrzydełkowej, turbinkowej) oraz śrubowej (dla większych przepływów). Nieco rzadziej stosuje się wodomierze objętościowe. Przyrządy wirnikowe i śrubowe montowane są jako wodomierze główne, zaś śrubowe są przyrządami zbiorczymi.

Aby wodomierze mogły realizować swoje zadania w ramach systemu monitoringu mediów, konieczny jest sygnał elektryczny na wyjściu urządzeń pomiarowych. Stąd też nowoczesne rozwiązania wodomierzy przystosowane są do montażu przystawek elektronicznych. Dostępne są wersje, w których przystawka stanowi moduł konstrukcyjny wodomierza.

Systemy monitorowania mediów stanowią rozwiązania rozbudowane. Nie da się zatem nabyć typowej aplikacji, przez co każdy system powstaje z osobna, z uwzględnieniem indywidualnych potrzeb użytkownika oraz rozproszenia infrastruktury technicznej. ■

Obliczając karę wynikającą z ponadumownego poboru biernej energii indukcyjnej uwzględnia się wartość rzeczywistego współczynnika mocy $\text{tg } \phi$. Jest on ilorzem energii biernej do czynnej przy poborze w okresie rozliczeniowym.

Monitorowanie w celu optymalizacji zużycia

Monitorowanie zużycia energii elektrycznej jest pierwszym krokiem, jaki należy wykonać, aby możliwe było zoptymalizowanie wykorzystania tego medium. Bieżąca analiza takich informacji, także w kontekście historycznym pozwala na precyzyjne zarządzanie zużyciem, obniżając koszty z tym związane. Skorelowanie informacji o zużywanej energii elektrycznej z innymi parametrami opisującymi proces produkcji, może pozwolić na zwiększanie efektywności energetycznej prowadzonych procesów, co przekłada się na obniżenie kosztów.

Innym obszarem pozwalającym na wygenerowanie znacznych oszczędności jest monitorowanie zużycia energii biernej. Kwestia ta ma szczególne znaczenie

w miejscach, gdzie pracuje dużo odbiorników o charakterze indukcyjnym – na przykład silników elektrycznych. Wysokie kary za pobieranie zbyt dużej ilości energii biernej są impulsem do zainstalowania układów kompensacji. Precyzyjne monitorowanie parametrów związanych ze zużyciem energii elektrycznej pozwala na bardzo dokładne dobranie takiego urządzenia do lokalnych warunków, w jakich będzie musiało pracować. Takie podejście pozwala na zminimalizowanie kosztów wdrożenia takiego urządzenia, a bieżące monitorowanie parametrów pracy minimalizuje ryzyko wystąpienia krytycznych awarii, przekładając się na ogólne zmniejszenie kosztów eksploatacji.



Mateusz Zajchowski
specjalista ds.
monitoringu mediów,
ASTOR