

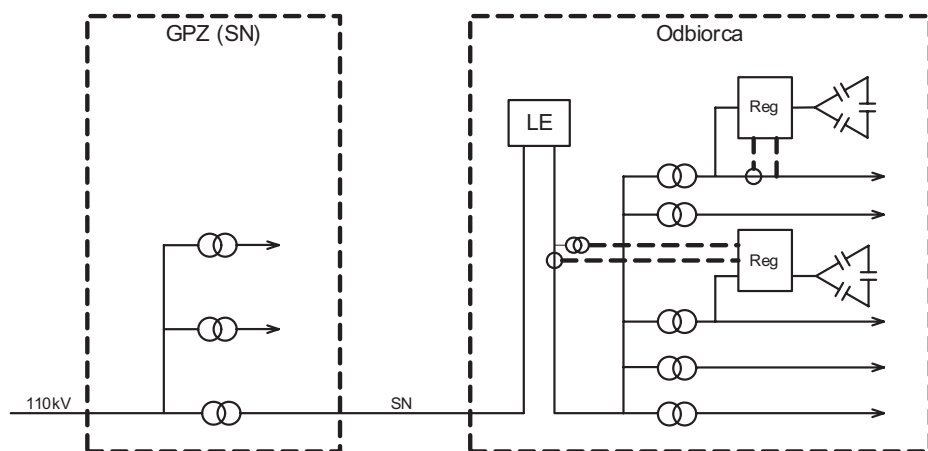
System PAK-12 – nowatorskie rozwiązanie w tradycyjnej metodzie

Paweł Kopański

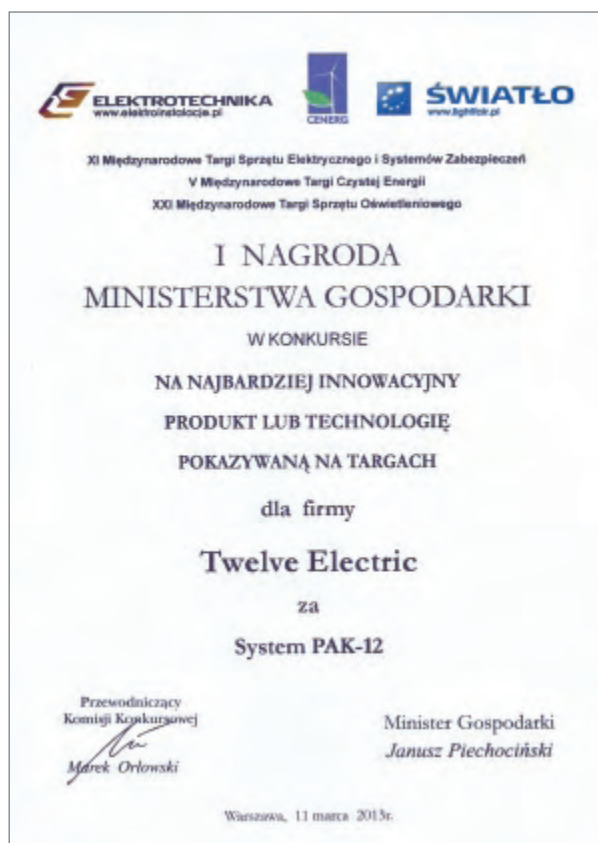
Od ponad 20 lat w rozproszonych układach zasilania stosowana była ekonomiczna metoda kompensacji mocy biernej. Ekonomiczna – gdyż wybierano ją w przypadkach, gdy liczba rozdzielnic nN, będących własnością jednego użytkownika była tak duża, że nie miał on wystarczających środków finansowych, by w każdej z nich zamontować baterię kondensatorów.

Brak baterii kondensatorów w tych przypadkach niekorzystnie wpływał na poziom opłat, jakie ponosili odbiorcy za nieskompensowaną energię bierną. W takich sytuacjach jedyną dostępną metodą była kompensacja, polegająca na montażu jednej baterii kondensatorów o mocy dobranej do sumy obciążeń mocą bierną, jaka występowała w danym układzie zasilania. Bateria ta była zasilana niskim napięciem, ale sygnał sterujący regulatorem mocy był pobierany z przekładników prądowych i napięciowych, zamontowanych po stronie SN (rys. 1).

Pole zasilające baterię, które znajdowało się w rozdzielnicy nN oraz związany z nią transformator musiały mieć odpowiednią obciążalność, a sama rozdzielnica musiała znajdować się blisko pola SN. Znalezienie rozdzielnicy nN o odpowiednio wysokiej obciążalności, która pozwoliłaby zasilić baterię o znacznej mocy (moc dobrana do sumy obciążeń mocą bierną całego układu zasilania) oraz relatywnie wysokie koszty wykonania układu pomiarowego na średnim napięciu – to nie jedyne mankamenty tego rozwiązania. Podstawową wadą tej metody było znaczne przekompensowanie, jakie występowało w układzie zasilanym wybranej rozdzielnicy nN. Skutkiem przekompensowania (sieć miała charakter pojemnościowy) było podbicie wartości napięcia zasilania, wskutek czego dana rozdzielnica nN mogła być przeznaczona wyłącznie do zasilania baterii kondensatorów i nie mogła być wykorzystana do zasilania sterowników i urządzeń czułych na zbyt wysoką wartość napięcia. Dlatego metoda ta nie była zbyt powszechna. W przypadku gdy układ rozliczeniowy umieszczony był w GPZ znacznie oddalonym od roz-



Rys. 1. Schemat kompensacji mocy biernej metodą klasyczną



dzielnic nN, a liczba rozdzielnic nN była duża, to odbiorca miał dwa wyjścia. Mógł sfinansować kosztowny układ kompensacji grupowej na nN albo płacić za nieskompensowaną energię bierną, gdyż montaż baterii po stronie SN był jeszcze bardziej nieopłacalny. Koszt modernizacji rozdzielnicy SN oraz koszt zakupu i instalacji automatycznej baterii kondensatorów SN był kilka, a nawet kilkanaście razy większy od baterii pracujących na niskim napięciu. W głównej mierze wynikało to z bardzo wysokiej ceny aparatów SN.

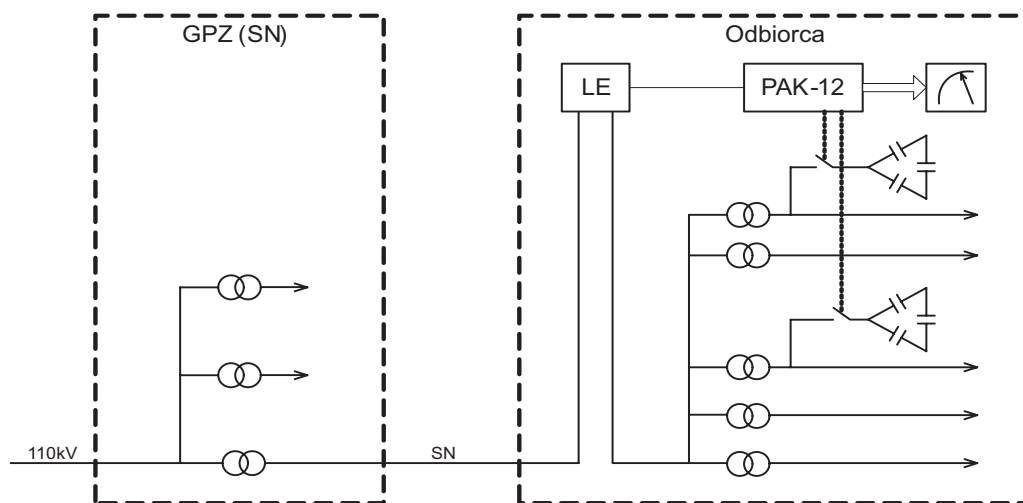
Dzisiaj poza ww. problemami sytuacje komplikuje zastosowanie do rozliczeń za energię elektryczną bardzo precyzyjnych i mierzących czterokwadrantowo liczników elektronicznych. Jeśli więc odbiorca ma wiele rozdzielnic nN dodatkowo oddalonych o kilkanaście kilometrów od układu pomiarowo-rozliczeniowego oraz ma bardzo długie odcinki linii kablowych SN (zasilających np. silniki pomp głębinowych) lub zasilających odbiorniki znacznej mocy o dużej dynamice zmian, to nie może już skorzystać z metody ekonomicznej. Te przypadki i nie tylko one zmusiły konstruktorów firmy – od ponad 20 lat zajmującej się kompensacją mocy biernej – do opracowania nowatorskiego systemu PAK-12.

System PAK-12 jest to nowoczesny system sterowania pracą układu kompensacji mocy biernej, przy wykorzystaniu istniejącej infrastruktury pomiarowej, uwzględniający regulacyjne właściwości baterii kondensatorów, baterii dławików kompensacyjnych oraz pojemnościowy charakter kabla SN. System PAK-12 powstał na wyraźne zapotrzebowanie rynku, w którym duża liczba odbiorców energii elektrycznej rozliczana po stronie średniego napięcia nie mogła za pomocą tradycyjnej metody kompensacji grupowej znacząco zredukować opłat za nieskompensowaną energię bierną. System ten wykorzystując możliwości regulacyjne wszystkich po-

łożonego poziomu dopuszczalnych wartości opłat za ten rodzaj energii. Możliwości konfiguracji i zastosowania PAK-12 są bardzo szerokie. Poniżej zostaną opisane sytuacje typowe.

Wariant 1.

Najczęściej odbiorca energii elektrycznej – mając zainstalowany licznik energii (LE) po stronie średniego napięcia, kompensuje współczynnik mocy po stronie niskiego napięcia (rys. 2). W większości przypadków takie rozwiązanie sprawdza się, a licznik nie nalicza dodatkowych opłat. Jednak niekiedy specyfika pracy zakładu,



Rys. 2. Schemat kompensacji mocy biernej przy wykorzystaniu systemu PAK-12 (wariant 1.)

siadanych przez danego odbiorcę baterii kondensatorów mocy i/lub dławików kompensacyjnych nN, eliminuje podstawową wadę metody ekonomicznej, czyli powstanie przekompensowania. Nie trzeba też wykonywać kosztownych pól na SN.

System eliminuje też stan przekompensowania, jaki wprowadzają do układu zasilania długie odcinki kabla zasilającego SN wykorzystywanego na potrzeby zasilania odbiorcy z odległego GPZ, czy też do zasilania znacznie oddalonych od rozdzielni SN silników dużej mocy. W ww. przypadkach standardowe metody kompensacji mocy biernej bateriami montowanymi po stronie nN okazały się całkowicie nieskuteczne. Wynika to z rozbieżności w pomiarach zużycia energii elektrycznej powstałych w wyniku różnego umiejscowienia punktów pomiarowych, tj. licznika energii (strona SN) i regulatorów mocy biernej (strona nN). Błąd ten sprawiał, że odbiorca ponosił opłaty za energię bierną mimo rozbudowanego systemu kompensacji mocy. Ponieważ jako dostawca kompleksowych rozwiązań do kompensacji mocy biernej, byliśmy często pytani o rozwiązanie, które optymalizowałoby koszty tych opłat, postanowiliśmy opracować system i metodę, które wyeliminowałyby te problemy.

I tak w 2012 r. powstał wyróżniony nagrodą ministra gospodarki system PAK-12. Głównym założeniem systemu jest odczyt parametrów sieci w punkcie rozliczeniowym i zdalne sterowanie bateriami kondensatorów mocy i/lub dławikami kompensacyjnymi. Ponieważ system umożliwia odczyt danych bezpośrednio z licznika energii, ma potencjalną możliwość znacznego zminimalizowania opłat za nieskompensowaną energię bierną. Daje to też możliwość szybkiej oceny poziomu skuteczności posiadanego systemu kompensacji, co pozwala na ciągłą jego modernizację i stopniowe dochodzenie do

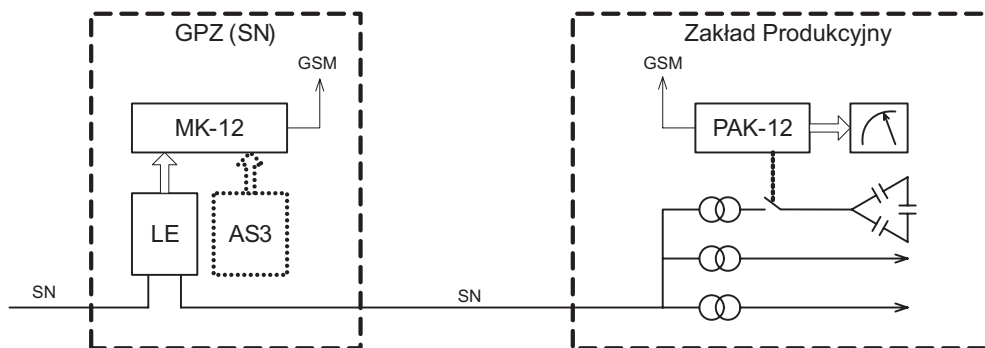
np. połączenie niektórych urządzeń bezpośrednio do szyn SN powoduje, że kompensacja tylko po stronie niskiego napięcia jest nieskuteczna i naliczane są opłaty za moc bierną. Innym powodem opłat mogą być np. pojemności kabli zasilających poszczególne odbiorniki SN. Wówczas może się okazać, że najlepszym rozwiązaniem jest kompensacja po stronie niskiego napięcia, ale wg danych pomiarowych uzyskanych z układu rozliczeniowego na SN.

System PAK-12 umożliwia sterowanie pracą baterii zarówno wg wskazań analizatora sieci, zainstalowanego obok licznika energii jak również i z samego

licznika. Jest to o tyle ważne, że często instalacja na SN dodatkowych przekładników prądowych i napięciowych na potrzeby pomiaru energii dla analizatora sieci jest niemożliwa lub ekonomicznie nieopłacalna. Wówczas dlaysterowania systemu PAK-12 wystarczają dane odczytywane z licznika w standardzie IEC 62056 przez port szeregowy. Innymi problemami, jakie poważnie wpływają na wielkość opłat za energię bierną są odbiorniki SN o dużej dynamice zmian, które pracują okresowo, a wartości zmian poboru mocy biernej są tak znaczne i tak częste, że po stronie SN nie można ich skompensować metodami tradycyjnymi. Liczba możliwych łącznych określenia dla aparatów łączeniowych na SN jest ograniczona i przy próbie nadążania baterią kondensatorów na SN za zmianami mocy biernej w bardzo krótkim czasie wyczerpuje się. Przy występowaniu szybkozmiennych obciążeń wystarczy wykorzystać funkcjonalność systemu PAK-12, który może zdalnie podnieść w regulatorach mocy biernej nastawę wartości cosinusa, jaki mają osiągać posiadane na nN baterie kondensatorów. Skuteczniej kompensując wolnozmienną energię biernej całego układu zasilania, co pozytywnie wpływa na wysokość opłat. Nie dochodzi do stanu przekompensowania, gdyż poziom skuteczności kompensacji podnoszony jest we wszystkich eksploatowanych bateriach kondensatorów, tak by nie dochodziło do zmiany charakteru sieci.

Wariant 2.

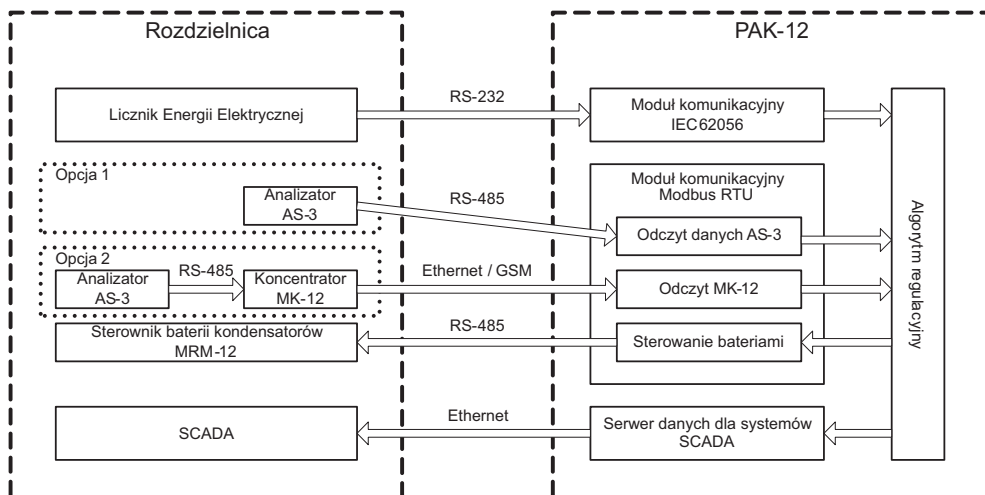
Druga sytuacja, która może przysparzać problemów przy próbie wyeliminowania opłat za energię bierną, została przedstawiona na rys. 3. Jest to inny wariant umiejscowienia układu pomiarowo-roz-



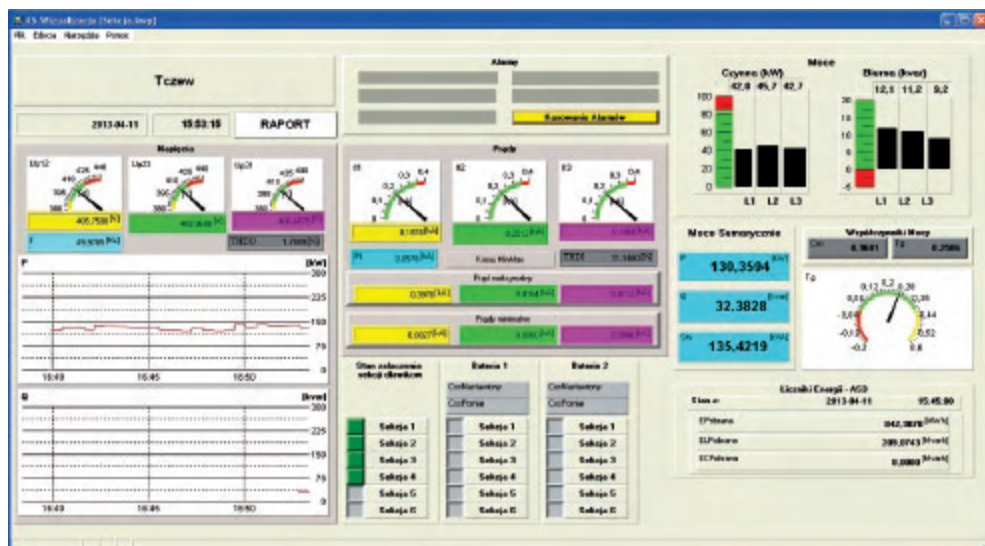
Rys. 3. Schemat kompensacji mocy biernej przy wykorzystaniu systemu PAK-12 (wariant 2.)

liczeniowego. Mamy tu do czynienia z zakładem, który jest zasilany długą linią kablową SN (powyżej 1 km). Punkt rozliczeniowo-pomiarowy znajduje się na samym początku kabla w miejscowym GPZ. W takim przypadku, optymalnym rozwiązaniem jest instalacja modułu komunikacyjnego GSM MK-12, za pomocą którego można odczytywać aktualną wartość $\text{tg}\phi$, zarówno z licznika energii jak i analizatora AS-3. Na podstawie danych pomiarowych i zapisanych

System PAK-12 (rys. 4) w standardowym wykonaniu jest instalowany na komputerze przemysłowym z systemem operacyjnym Windows XP Embedded. Podstawowym elementem systemu jest algorytm do komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi, takimi jak: liczniki energii lub analizatory i zdalne sterowanie bateriami kondensatorów mocy i/lub dławików kompensacyjnych. System umożliwia komunikację z analizatorami sieci w standardzie Modbus RTU oraz z licznikami



Rys. 4. Budowa systemu PAK-12



Rys. 5. Wizualizacja danych pomiarowych pochodzących z systemu PAK-12

nastaw, system PAK-12 wybiera algorytm i parametry regulacji. System tak steruje lokalnymi bateriami kondensatorów i/lub dławików kompensacyjnych, by wyeliminować lub zminimalizować opłaty. Algorytm kompensacji może wykorzystywać pojemnościowy charakter kabla SN do kompensacji odbiorników indukcyjnych eksploatowanych przez odbiorcę.

Budowa systemu PAK-12

energii elektrycznej przez port szeregowy w standardzie IEC 62056. Przez zastosowanie dodatkowego modułu komunikacyjnego po GSM MK-12, możliwa jest bezprzewodowa wymiana danych z ww. urządzeniami przez sieć GSM w technologii EDGE.

Regulacja i załączanie do pracy baterii kondensatorów i/lub dławików kompensacyjnych odbywa się przez nadrzędne sterowanie regulatorem MRM-12. System PAK-12 sam decyduje, czy regulator ma pracować w trybie automatycznym – czyli załączać poszczególne sekcje wg współczynnika mocy zmierzonego w miejscu zamontowania baterii, czy ma przejąć nad nim kontrolę i sterować wg współczynnika w punkcie rozliczeniowym. Sterowanie i kontrola regulatora MRM-12 realizowana jest w protokole Modbus RTU. Dodatkową cechą jest możliwość podłączenia systemu PAK-12 do zewnętrznych systemów SCADA. Systemy mogą wymieniać informacje na temat aktualnie pobieranych: mocy, energii, prądów czy napięć (rys. 5). Do wglądu użytkownika są też: dane dotyczące jakości realizowanej kompensacji, liczby załączonych sekcji czy pomiarów z poszczególnych odplywów (jeśli są opomiarowane). Obecnie system może wymieniać dane w protokole Modbus RTU/TCP. W przyszłości planuje się zaimplementowanie normy IEC 61850 oraz protokołu DNP3.