

Robert JĘDRYCHOWSKI*

SYSTEM KONTROLI PRACY MAŁYCH ŹRÓDEŁ ENERGII ELEKTRYCZNEJ W SIECIACH INTELIGENTNYCH OPARTY NA STEROWNIKACH PLC

Referat prezentuje rozwiązania techniczne pozwalające na zarządzanie pracą instalacji elektrycznych, w których zaplanowano pracę małych źródeł energii. W tym celu w systemie zarządzania budynkiem wykorzystano możliwości techniczne oferowane przez sterowniki PLC. Rozwój technologii wytwarzania energii elektrycznej sprawiają, że coraz więcej osób prywatnych i niewielkich przedsiębiorstw rozważa zainstalowanie lokalnego źródła energii przyłączonego bezpośrednio do własnej instalacji odbiorczej. W artykule przedstawione zostały cechy oraz możliwości techniczne systemów kontroli i sterowania pracą źródeł o małej mocy przyłączonych do sieci niskiego napięcia oraz instalacji budynkowych. Zaprezentowane zostały możliwości integrowania sterowania pracą źródła, automatyki budynku oraz możliwości kontroli zużycia energii.

SŁOWA KLUCZOWE: komunikacja, PLC, mikroźródło, Smart Grid

1. WSTĘP

Wzrost znaczenia generacji rozproszonej oraz małych źródeł energii w polityce energetycznej pociąga za sobą szereg problemów natury prawnej i technicznej, które należy rozwiązać. Problemy wynikają z oczekiwań definiowanych przez właściciela źródła oraz konieczności spełnienia wymagań operatora sieci elektroenergetycznej, do której instalacja budynku jest przyłączona. Jednym z elementów pozwalających na bezpieczną, przewidywalną i efektywną pracę źródła jest wyposażenie go w dopasowany system sterowanie i nadzoru (SSiN) tworzący wraz z systemem sterowania budynkiem środowisko dostarczające informacji o pracy samego źródła, jego otoczenia oraz instalacji elektroenergetycznej, do której jest włączone. SSiN może mieć różnorodną strukturę odpowiadającą oczekiwaniom i potrzebą właściciela źródła. Wykorzystanie, jako źródła danych sterownik PLC pozwala w sposób elastyczny na budowanie instalacji inteligentnych, w których źródło w pełni współpracuje z automatyką budynku.

* Politechnika Lubelska.

W artykule przedstawione zostaną właściwości eksploatacyjne i informatyczne sterownika PLC wykorzystywane do tworzenia modelu systemu zarządzania. W modelu uwzględnić można szereg modułów współpracujących i wymieniających informacje pomiędzy sobą. Pierwszym elementem modelu jest źródło energii. System sterowania źródłem ze względu na bezpieczeństwo i niezawodność pracy ma charakter autonomiczny, tzn. wymaga się od niego poprawnej pracy nawet przy braku wymiany danych z pozostałymi elementami modelu. Drugim modelowanym elementem jest lokalna wizualizacja pełniąca rolę BMS (Building Management System), pozwalająca na komunikację użytkownik-maszyna i prezentację aktualnych informacji o stanie instalacji i źródła. Mogą pojawić się również moduły niezwiązane bezpośrednio z pracą źródła, a pozwalające na wprowadzenie informacji związanych np. pracą wybranych urządzeń lub modułu stacji meteo. Tworzony system sterowania i nadzoru oparty o sterownik PLC (wykorzystano sterownik WAGO-I/O-SYSTEM 750-880/025-001) może wykorzystywać dodatkowo standard IEC 61850 i jego rozszerzenia opisujące pracę źródeł rozproszonych, a także standard CIM. Dzięki takiemu podejściu przedstawione rozwiązania automatyki budynkowej są zgodne z zaleceniami opisanymi dla Smart Grid i pozwalają, na współpracę z innymi elementami tworzącymi system inteligentny.

2. WYMAGANIA PRZYŁĄCZENIOWE DLA ŹRÓDEŁ WSPÓLPRACUJACYCH Z INSTALACJĄ ELEKTRYCZNĄ

Za małe źródła uważane są źródła energii o niewielkiej mocy w granicach od 1 do 500 kW przyłączonych do sieci niskiego napięcia [5]. Niekiedy stosowany jest dokładniejszy ich podział na mikroźródła o mocy od 1 do 50 kW oraz miniźródła o mocy od 50 do 500 kW. Do najczęściej stosowanych rodzajów źródeł małej mocy należą [3]:

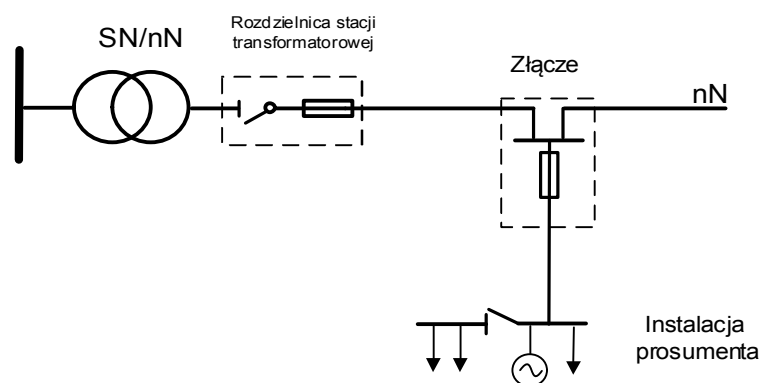
- elektrownie wodne,
- silniki Diesla,
- silniki i turbiny gazowe (w tym biogazowe),
- elektrownie wiatrowe,
- elektrownie fotowoltaiczne.

Wszystkie źródła energii, w tym również te o niewielkiej mocy muszą spełniać wymagania stawiane przez regulacje prawne. Wymagania te zawarte w prawie energetycznym są następnie stosowane i uszczegóławiane w Instrukcjach Ruchu i Eksploatacji Operatorów Sieci Dystrybucyjnej (OSD). Dodatkowo wymagane jest spełnienie przepisów i uzyskanie niezbędnych zezwoleń wynikających z prawa budowlanego.

Użytkownik będący prosumentem, chcący sprzedawać nadmiar wyprodukowanej energii elektrycznej do sieci nN powinien spełnić wymagania

zdefiniowane przez lokalnego OSD [4]. W warunkach przyłączenia wydawanych przez OSD definiowany jest zakres niezbędnych zmian, które należy wykonać w sieci nN oraz w instalacji elektrycznej prosumenta (rys. 1). W zależności od wielkości instalacji prosumenta i mocy w niej zainstalowanej. Zmiany te mogą obejmować takie działania jak:

- modernizacja rozdzielnic stacji transformatorowej SN/nN,
- wykonanie lub modernizacja złącza na granicy posesji,
- wykonanie lub modernizacja przyłącza,
- modernizacja instalacji odbiorczej.



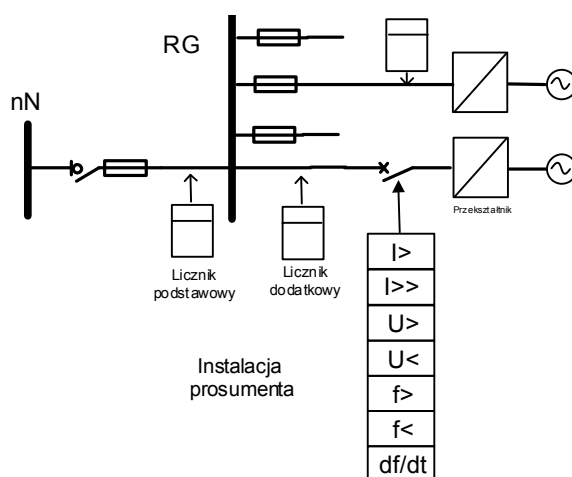
Rys. 1. Schemat przyłączenia instalacji prosumenta wraz ze źródłem do sieci nN

Szczególnie dużą uwagę w warunkach przyłączeniowych przykładają się do realizacji układu pomiarowo-rozliczeniowego oraz prawidłowo wykonanych zabezpieczeń elektroenergetycznych.

Konstrukcja układu pomiarowo-rozliczeniowego uzależniona jest od mocy źródła energii oraz sposobu rozliczenia wytworzonej energii. Zakładając, że prosument będzie sprzedawał nadmiar energii do sieci układ pomiarowo-rozliczeniowy może zawierać dwa liczniki energii oraz opcjonalnie przekładniki prądowe. Przekładniki prądowe niezbędne przy pomiarze pośrednim muszą spełniać wymagania, co do klasy dokładności, zakresu prądów oraz współczynnika bezpieczeństwa. Dużą wagę przykładają się do liczników energii, pierwszy z nich powinien być czterokwadrantowym licznikiem pozwalającym na dwukierunkowy pomiar energii biernej i czynnej z możliwością rejestracji profilu obciążenia. Drugi z liczników jest przystosowany do jednokierunkowego pomiaru energii i wykorzystywany jest dla potrzeb określenia ilości energii wyprodukowanej przez źródło (rys. 2).

Drugim elementem jest układ zabezpieczeń. Wymagane jest zabezpieczenie podstawowe jednostek wytwórczych oraz niezależne zabezpieczenie dodatkowe. W

instalacji nN prosument skomplikowanie układu zabezpieczeń zależy od wielkości źródła, dla bardzo małych źródeł wystarczą najprostsze zabezpieczenia (bezpieczniki).



Rys. 2. Układ wewnętrznej instalacji prosumenta

Dla źródeł większej mocy, gdy nie przewiduje się pracy wyspowej źródła, zabezpieczenia te mogą stanowić jedną całość i działać na łącznik sprzęgający z siecią. Zabezpieczenie podstawowe powinno zapewniać ochronę przed przeciążeniami i zwarciami wyłączając jednostkę wytwórczą z ruchu. Zabezpieczenie dodatkowe w większości przypadków współpracuje z układem przekształtnikowym może zawierać: zabezpieczenia pod- i nadnapięciowe, zabezpieczenia częstotliwościowe, zabezpieczenia kontrolujące parametry jakości energii.

3. WYKORZYSTANIE STEROWNIKA WAGO-I/O-SYSTEM DO ZARZĄDZANIA INSTALACJĄ ELEKTRYCZNĄ

Dzięki swej budowie sterowniki WAGO-I/O-SYSTEM serii 750 oraz WAGO-I/O-IPC-C6 pozwalają na rozszerzenie możliwości oferowanych przez klasyczne urządzenia automatyki budynkowej. Ich modułowa budowa pozwala na dostosowanie listy sygnałów wejściowych i wyjściowych oraz portów komunikacyjnych zależnie od potrzeb systemu, który nadzorują. Pracując w instalacji elektrycznej i sieciach nN mogą pełnić zarówno funkcję sterownika zarządzającego pracą źródła jak również modułu wykonawczego realizującego funkcje automatyki budynkowej. Dostępne moduły sterownika można podzielić na następujące grupy [1]:

1. Podstawowe, niezbędne do kontroli pracy źródła, można do nich zaliczyć:
 - a. moduły wejść i wyjść analogowych,

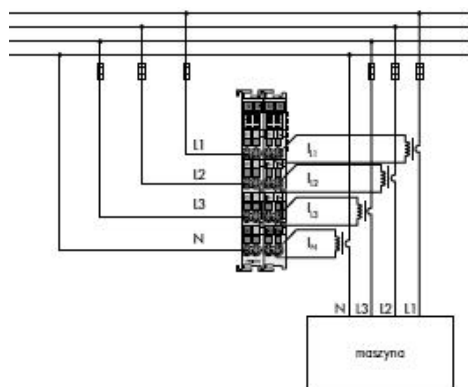
- b. moduły wejść i wyjść binarnych.
2. Pomiarowe dla sygnałów przemiennych jednofazowych.
3. Pomiarowe dla sygnałów przemiennych trójfazowych.
4. Komunikacyjne.
5. Interfejs HMI. Zrealizowany poprzez panele dotykowe, wbudowany serwer WWW lub możliwość komunikacji z dowolnym urządzeniem zewnętrznym.



Rys. 3. Sterownik PLC WAGO-I/O-SYSTEM serii 750 [6]

Sterowniki WAGO posiadają szereg możliwości pozyskiwania informacji o pracy instalacji poprzez moduły sterownika oraz elementy z nimi współpracujące. Do pierwszej grupy elementów należą moduły pomiarowe, wśród których można wymienić:

1. Moduły pomiarowe WAGO-I/O-SYSTEM serii 750 przeznaczone do pomiaru mocy trójfazowych, pozwalające na pomiar prądów do 1 lub 5 A, a po zastosowaniu przekładników prądowych serii 855 nawet do 1000 A. Moduły te pozwalają na pomiar prądu oraz napięcia A następnie wyznaczenie takich wielkości jak moc (czynna, bierna, pozorna), energia, współczynnik mocy, częstotliwość i wyższe harmoniczne. (rys. 4).
2. Przetworniki pomiarowe prądu (JUMPFLEX®) serii 857 pozwalające na pomiar prądów przemiennych i stałych do 1 lub 5 A, a po zastosowaniu przekładników prądowych lub cewek Rogowskiego nawet do 2000 A. Przetworniki przetwarzają sygnał prądu mierzonego na sygnał analogowy (4 – 20 mA) akceptowalny przez standardowe moduły analogowe.
3. Konwerter dla cewek Rogowskiego pozwalający na pomiar prądu o wartościach do 2000 A poprzez zastosowanie cewek Rogowskiego. Sygnał wejściowy może być wprowadzony na moduły opisane w punkcie 1.
4. Inteligentne czujniki przepływu prądu, pozwalające na kontrolę prądu stałego np. wytwarzanego przez PV.



Rys. 4. Układ połączeń modułu pomiarowego serii 750 [6]

Drugą grupę elementów stanowią moduły komunikacyjne pozwalające na wymianę informacji pomiędzy sterownikami oraz innymi elementami np. licznikami energii. Możliwa jest komunikacja wykorzystująca:

1. Łącza asynchroniczne RS 232, RS 485.
2. Sieci LAN.
3. Łącza bezprzewodowe.

Trzecią grupą elementów są moduły konwertujące, pozwalające na współpracę sterowników PLC WAGO-I/O-SYSTEM z różnymi standardami zarządzania budynkiem. Do modułów tych zaliczyć można:

1. Moduł KNX/EIB/TP1 753-646 pozwala na przyłączenie sterownika do instalacji inteligentnej pracującej w standardzie KNX.
2. Moduł DALI multimaster 753-647 pozwalający na współpracę sterownika z urządzeniami należącymi do standardu DALI IEC 62386.
3. Moduł 750-642 umożliwia odbiór sygnałów radiowych z urządzeń wykonanych w technologii EnOcean, takich jak bezobsługowe, bezbateryjne, bezprzewodowe czujniki i przełączniki.

Oprócz elementów sprzętowych właściwości sterownika można rozbudowywać i modyfikować poprzez zastosowanie odpowiednio dobranego oprogramowania w postaci bibliotek definiujących funkcję sterownika. Tworzony system sterowania instalacją nN oraz przemysłowymi sieciami nN oparty o sterownik PLC można wykorzystywać dodatkowo standard IEC 61850 i jego rozszerzenia opisujące pracę źródeł rozproszonych, a także standard CIM [1]. Dzięki takiemu podejściu przedstawione rozwiązania automatyki budynkowej są zgodne z zaleceniami opisanymi dla Smart Grid i pozwalają, na współpracę z innymi elementami tworzącymi system inteligentny. Możliwe jest również zorganizowanie wymiany danych pomiędzy systemem zarządzania siecią elektroenergetyczną a BMS w budynku lub zakładzie.

4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie sterowników PLC WAGO-I/O-SYSTEM umożliwia elastyczne modelowanie systemu zarządzania budynkiem lub instalacją przemysłową nN. Zaprezentowane moduły pomiarowe pozwalają na pozyskiwanie informacji pomiarowych bezpośrednio ze źródła oraz obwodów odbiorczych. Dodatkowo dzięki części programowej możliwe jest tworzenie aplikacji dostosowanych do potrzeb użytkownika, spełniających nietypowych wymagań. Istotna jest również możliwość zachowania standardów wymaganych dla sieci inteligentnych.

LITERATURA

- [1] Jędrychowski R., Zalety standaryzacji systemów nadzoru i zabezpieczeń dla generacji rozproszonej. Rynek Energii Nr 2 (81) 2009 r. s. 46-5.
- [2] Jędrychowski R.: Data acquisition systems for small-scale energy generation sources „Computer Applications in Electrical Engineering”, Poznan University of Technology, Institute of Electrical Engineering and Electronics, Poznań 2012, ISBN 978-83-86912-59-9, ss. 244-253.
- [3] Kacejko P.: Inżynieria elektryczna i technologie informatyczne w nowoczesnych technologiach energetycznych. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN vol. 82, Lublin 2011.
- [4] Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej PGE Dystrybucja S.A.
- [5] Paska J.: Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepła. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010 r.
- [6] WAGO. Dokumentacja techniczna. Technika pomiaru prądu i energii.

PLC-BASED OPERATION CONTROLS SYSTEM FOR MICRO POWER SOURCES IN INTELLIGENT NETWORKS

The paper presents technological solution that make to manage the operation of electrical installations, whereto micro power sources can be connected. For the purpose, technological potential offered by PLC's has been applied to the building management system. Technological development in the area of electricity generation makes it possible for private person and micro companies to install local power sources that are directly connected to their own power supply wiring. The paper presents characteristics and technological potential of system designed to supervise and control the operation of low power sources connected to low voltage network systems and electric wiring in buildings. Possibilities concerning integration of the source operation whit the building management system as well as the power consumption control have been presented.