

Robert JĘDRYCHOWSKI*
Szymon KUSYK*

MONITOROWANIE PRACY WYBRANYCH OBWODÓW INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH

Jednym z elementów pozwalających na bezpieczną, przewidywalną i efektywną pracę instalacji jest stworzenie systemu kontrolującego i sterującego pracą instalacji elektrycznej. System sterowania może mieć różnorodną strukturę odpowiadającą oczekiwaniom i potrzebą właściciela budynku. Jako źródło danych wykorzystane mogą zostać urządzenia dostarczane przez różnych producentów, w tym sterowniki PLC. Pozwala to na budowanie elastycznych instalacji inteligentnych dostosowanych do obiektu, w którym są budowane oraz pracujących w nim odbiorników. W artykule przedstawiony zostanie zrealizowany w praktyce system monitorowania pracy instalacji elektrycznej wykorzystujący właściwości eksploatacyjne i informatyczne sterowników PLC.

SŁOWA KLUCZOWE: instalacje elektryczne, pomiary, PLC

1. WSTĘP

Rozwój automatyki budynkowej oraz tworzenie instalacji budynku inteligentnego wymusza konieczność monitorowania pracy instalacji. Praca w instalacji coraz większej liczby urządzeń wrażliwych na jakość zasilania, przy jednoczesnej dużej liczbie urządzeń energoelektronicznych powoduje ich wzajemne oddziaływanie na siebie. W celu zapewnienia bezpiecznej, przewidywalnej i efektywnej pracy wybranych obwodów instalacji elektrycznej możliwe jest stworzenie systemu kontrolującego i sterującego. System sterowania może mieć różnorodną strukturę oraz skalę odpowiadającą oczekiwaniom i potrzebą właściciela budynku. Jako źródło danych można wykorzystać wiele czujników i urządzeń. Wykorzystane mogą również zostać urządzenia dostarczane przez różnych producentów, w tym sterowniki PLC. Pozwala to na budowanie elastycznych instalacji inteligentnych dostosowanych do obiektu, w którym są budowane oraz pracujących w nim odbiorników [1].

W artykule zaprezentowana zostanie praktyczna realizacja systemu monitorowania pracy instalacji elektrycznej w obiekcie rzeczywistym, wykorzystująca właściwości eksploatacyjne i informatyczne sterowników PLC.

* Politechnika Lubelska.

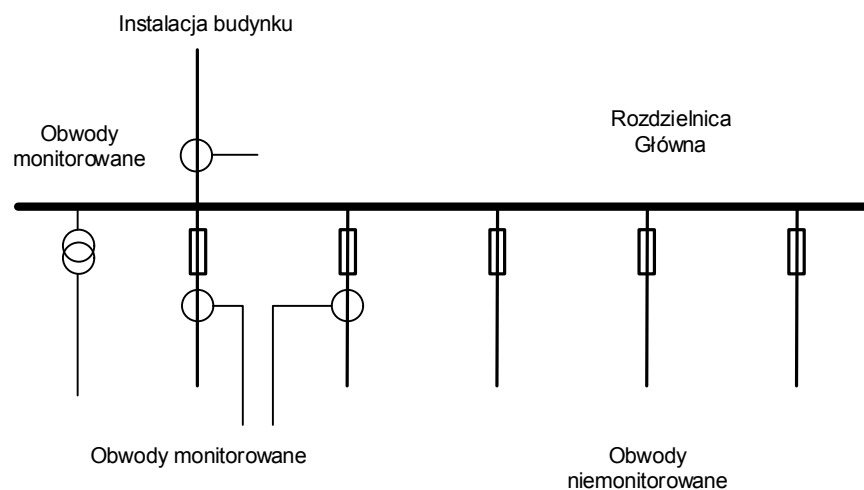
System powstał w nowo wybudowanej części budynku dydaktycznego, na etapie realizacji instalacji wybrano i przygotowano elementy instalacji tak, aby możliwe było dołączenie dodatkowych urządzeń, jakimi są sterowniki PLC. System monitorowania zbudowany został w oparciu o kilka sterowników mogących wymieniać dane pomiędzy sobą. Jednak ze względu na niezawodność pracy, każdy element modelu ma charakter autonomiczny, tzn. wymaga się od niego poprawnej pracy nawet przy braku wymiany danych z pozostałymi elementami. Ważnym elementem systemu jest wizualizacja danych, pozwalająca na komunikację użytkownik-maszyna i prezentację aktualnych informacji o pracy instalacji. Została ona zrealizowana w oparciu o standardowe biblioteki oferowane przez producenta sterowników. Kolejnym istotnym elementem systemu są moduły komunikacyjne pozwalające na wymianę danych pomiędzy poszczególnymi elementami systemu jak również na wprowadzanie danych z urządzeń zewnętrznych. Dzięki takiemu podejściu przedstawiony system jest zgodny z różnymi standardami stosowanymi w budynku i pozwala, na współpracę z innymi elementami tworzącymi system inteligentny [2].

2. MODEL SYSTEMU LABORATORYJNEGO

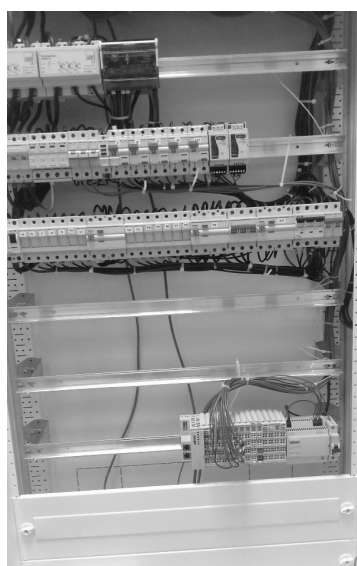
Wykorzystując fakt rozbudowy budynku Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej postanowiono, że jest to idealny moment aby tak zaprojektować instalacje elektryczną w wybranych laboratoriach, by można było łatwo wprowadzać w niej zmiany w celu osiągnięcia zamierzonych rezultatów naukowych lub dydaktycznych. Rozwiązania te wykonano w Laboratorium Jakości Energii oraz Laboratorium Automatyki Mikrosieci należące do Katedr Sieci Elektrycznych i Zabezpieczeń. Zmiany wykonane na budowy budynku obejmowały następujące elementy:

1. Wprowadzenie obwodów trójfazowych dużej mocy do laboratoriów.
2. Wprowadzenie obwodów prądu stałego (220 V) do zasilania urządzeń automatyki EAZ.
3. Wykonania sterowania oświetleniem w systemie DALI.
4. Wykonanie dodatkowego obwodu do przyłączenia w przyszłości instalacji fotowoltaicznej.
5. Zastąpienie pierwotnie planowanych rozdzielnic, rozdzielnicą naścienną.
6. Wprowadzenie przekładników prądowych w wybranych obwodach.

Dzięki wykonaniu wszystkich zmian na etapie inwestycji, zmiany ujęte zostały w projektach instalacji oraz objęte są gwarancją wykonawcy. Na szczególną uwagę zasługuje wykonanie rozdzielnic, jako naściennych. Zastosowana została rozdzielnica mocno przewymiarowana, lecz dzięki temu doskonale nadająca się do montażu dodatkowych urządzeń w jej wnętrzu i ewentualnych zmian w sposobie zasilania poszczególnych obwodów.



Rys. 1. Uproszczony schemat rozdzielnic nN, z zaznaczonymi monitorowanymi obwodami



Rys. 2. Widok rozdzielnic w trakcie montażu sterownika PLC

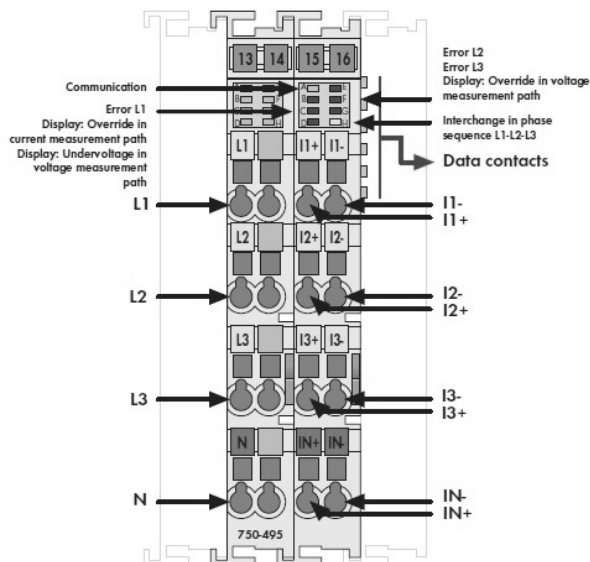
Do tak przygotowanej instalacji wprowadzony został sterownik PLC pozwalający na realizację pomiarów w wybranych obwodach. Obecnie monitorowany jest główny obwód zasilający, obwód zasilający stoły laboratoryjne (gniazda dedykowane) oraz obwód oświetlenia ogólnego z automatyką DALI. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie informacji o pracy całego laboratorium jak i poszczególnych grup odbiorników (rys. 2).

3. WYKORZYSTANIE STEROWNIKA WAGO-I/O-SYSTEM JAKO URZĄDZENIA MONITORUJĄCEGO

Jako urządzenie monitorujące wykorzystano sterownik WAGO-I/O-SYSTEM 750-881 posiadający dwa porty Ethernet komunikacyjne oraz dodatkowy slot na pamięć wewnętrzną. Do sterowników, które zostały zamontowane w rozdzielnicach obu laboratoriów zostały dołączone następujące moduły:

- 750-530 wyjście cyfrowe 8-kanałowe;
- 750-430 wejście cyfrowe 8-kanałowe;
- 750-459 wejście analogowe 4-kanałowe;
- 750-460/000-003 wejście analogowe 4-kanałowe;
- 750-495/000-001 3-Phase Power Measurement Module 690V/5A;
- 750-494/000-001 3-Phase Power Measurement Module 480V/5A;
- 753-647 moduł DALI multimaster;
- 753-646 moduł KNX/EIB/TP1;
- 750-642 moduł odbiorczy EnOcean;
- 750-652 interfejs szeregowy RS;
- 750-600 moduł końcowy.

Część z modułów przewidziana jest do dalszych prac związanych z tworzeniem zintegrowanego systemu wykorzystującego różne technologie sterowania w budynku. Nie będą one opisywane w tym artykule.



Rys. 3. Uproszczony schemat połączeń modułu 750-495/000-001

Część softwarowa projektu powstała w środowisku CoDeSys. Do monitorowania wybranych obwodów elektrycznych zastosowano dwa moduły 750-495/000-001 oraz 750-494/000-001. Pozwalają one na pomiaru mocy 3-fazowej oraz innych parametrów elektrycznych sieci zasilającej. Pomiar prądu odbywa się za pomocą przekładników prądowych zainstalowanych w rozdzielnicy [5].

Moduł 750-495/000-001 jest znacznie bardziej rozbudowany od modułu 750-494/000-001, dlatego w dalszych rozważaniach on będzie opisywany. Moduł 750-495/000-001 wykorzystany został do monitorowania obwodu trójfazowego zasilającego całe laboratorium, moduł 750-494/000-001 wykorzystany został do monitorowania jednofazowych obwodów zasilających oświetlenie i stoły laboratoryjne.

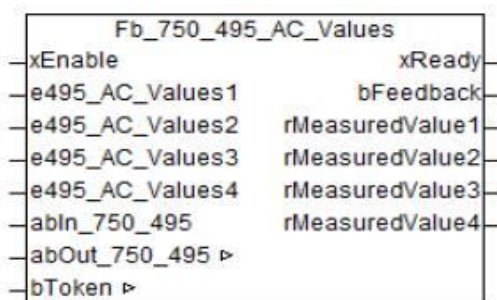
W module 750-495/000-001 (rys. 3) prądy z poszczególnych faz są podłączone do wejść IL1, IL2, IL3, IN z zachowaniem odpowiedniej kolejności. Sygnały napięciowe są podawane za zaciski L1, L2, L3, N. Na podstawie tych sygnałów moduł jest w stanie pomierzyć prądy, napięcia, a także wartości mocy biernej, czynnej i pozornej w poszczególnych fazach, wartości energii, przesunięcia fazowego, częstotliwości czy współczynnika mocy. Moduł ten wyróżnia się pomiarem prądu w przewodzie neutralnym, a także pomiarem 41 harmonicznych w sieci, co jest szczególnie istotnym elementem w Laboratorium Jakości Energii. Poniższy moduł pozwala przeprowadzić analizę 4-kwadrantową, dostarcza nam informacji o rodzaju obciążenia indukcyjnego, pojemnościowe, a także może być wykorzystany w instalacji prosumenckiej [3, 4].

4. MODELOWANIE APLIKACJI

Modelowanie aplikacji w środowisku CoDeSys stosuje biblioteki Power_Measurment_495_02.lib oraz Power_Measurment_494_02.lib dostarczone przez producenta. Biblioteki te pozwalają na wykorzystanie wszystkich funkcjonalności oferowanych przez moduły pomiarowe. Struktura każdej z bibliotek podzielona jest na moduły (bloki) zawierające zestaw wielkości wejściowych i wyjściowych, należą do nich [6]:

1. Fb_750_495_State blok ten może być użyty tylko raz w danym projekcie, służy on do pobierania szczegółowych informacji na temat stanu wejść modułu pomiarowego.
2. Fb_750_495_Configuration, za pomocą tego bloku funkcyjnego można zmienić konfiguracje pomiarów dokonywanych przez 3-fazowy układ pomiarowy. Dzięki odpowiedniej konfiguracji tego bloku można między innymi zmienić częstotliwość zasilania, czy wybrać fazę dla której chcemy odczytywać daną, a także ustawić górną i dolną granicę napięcia, po przekroczeniu których program zwróci alarm.

3. Fb_750_495_AC_Valuse może być wykorzystywany do cyklicznego pomiaru 4 zadanych wartości. Są to między innymi wartości RMS prądów i napięć, minimalne i maksymalne wartości prądów, napięć i częstotliwości w poszczególnych fazach, a także wartości szczytowe prądów i napięć w poszczególnych fazach. W jednym projekcie może być użyty 10-krotnie.
4. Fb_750_495_Harmonic_Values. Blok ten służy do cyklicznego pomiaru jednocześnie trzech harmonicznnych, może być także wykorzystywany kilkakrotnie.



Rys. 4. Przykład bloku zapewniającego pomiary cykliczne

5. Fb_750_495_AC_Compact_01, jest najważniejszym blokiem funkcyjnym, służy do cyklicznego pomiaru napięć, prądów, mocy, energii, częstotliwości, współczynnika mocy, w każdej fazie, a także do pomiaru prądu w przewodzie neutralnym. Moduł ten zbiera informacje z dwóch wcześniej opisanych modułów Fb_750_495_State i Fb_750_495_Configure.

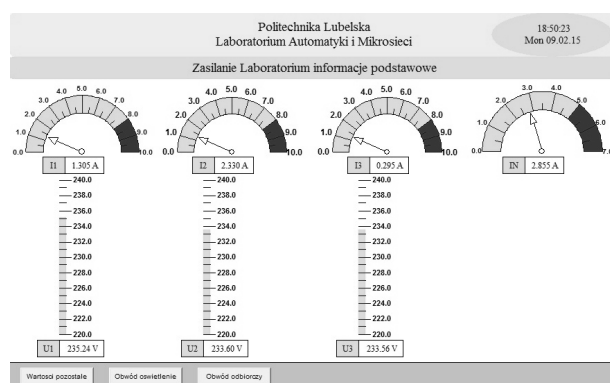
Całość programu wykorzystuje biblioteki i ich moduły do zaprezentowania wartości wielkości mierzonych w poszczególnych obwodów. Poszczególne wielkości mogą być wykorzystywane do rysowania wykresów, budowy dziennika zdarzeń lub raportów retrospektywnych.

5. WIZUALIZACJA

Ważnym elementem aplikacji, pozwalającym na szybki dostęp do danych jest wizualizacja. Zaletą wykorzystania sterowników PLC firmy WAGO jest dostęp do wizualizacji oferowanej poprzez serwer WWW wbudowany w sterownik oraz poprzez aplikacje na urządzenia mobilne. Podstawą do tworzenia takiej formy graficznej jest moduł programowy Visualizations w programie CoDeSys. Pozwala on na tworzenie wielu okien aplikacji, z których tylko jedno okno jest oknem głównym. W opcji możliwe jest dołączenie do strony głównej innych okien aplikacji oraz adresów (link) do stron zewnętrznych. Może to być również sposób na połączenie niezależnych aplikacji.

Aplikacja zawiera następujące elementy:

1. Stronę główną. Zawiera podstawowe informacje o prądzie i napięciach w poszczególnych fazach dla obwodu zasilającego laboratorium. Na stronie zamieszczono również odnośniki do stron podrzędnych zawierających informacje szczegółowe (rys. 5).
2. Pozostałe wielkości. Strona zawiera szczegółowe wartości wielkości pomiarowych dla obwodu głównego (rys. 6).



Rys. 5. Główne okno wizualizacji dla laboratorium LAiM

Wartosci Laczne	
Moc Czynna	-395.50 W
Moc Bierna	% 21 var
Moc Pozorna	923.00 VA
Wspolczynnik mocy	0.384

	Faza L1	Faza L2	Faza L3
Moc Czynna	1.00 W	-407.50 W	10.50 W
Moc Bierna	308.00 var	385.50 var	-58.50 var
Moc Pozorna	308.00 VA	545.00 VA	70.00 VA
Cos fi	-0.02	-0.71	0.19
Czestotliwosc	49.970 Hz	49.990 Hz	49.970 Hz
Zanik napiecia	Brak punktu zerowego	Zanik napiecia	Brak punktu zerowego

Rys. 6. Informacje szczegółowe o pomiarach i zdarzeniach w obwodzie zasilającym

3. Obwód oświetlenia. Prezentowane są dane opisujące pracę obwodu zasilającego oświetlenie ogólne wyposażone w system sterowania DALI. Obwód jednofazowy.
4. Obwód odbiorczy. Zasilanie gniazd dedykowanych na stołach laboratoryjnych. Obwód jednofazowy.

Od momentu powstania aplikacja jest dostosowywana do zmian wynikających z rozwoju aplikacji mających na celu jej udoskonalenie. Na rysunkach 5 i 6 zaprezentowano różne formy graficznej prezentacji wyników.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie sterowników PLC WAGO-I/O-SYSTEM umożliwia elastyczne modelowanie systemu monitorowania obwodów elektrycznych instalacji elektrycznej budynku. Stworzona aplikacja pozwala w sposób pośredni na prezentację oddziaływania na instalację pojedynczych urządzeń lub ich grup. Aplikacja dostosowana jest do potrzeb konkretnych laboratoriów w rzeczywistym budynku, ale pokazane możliwości mogą zostać wykorzystane przy budowie większych układów zarządzania budynkiem. Prezentowane moduły pomiarowe przy współpracy z przekładnikami prądowymi mogą być również stosowane w instalacjach przemysłowych.

LITERATURA

- [1] Jędrychowski R., Wykorzystanie sterowników PLC, jako źródła informacji dla systemów nadzorujących pracę jednostek wytwórczych małej mocy. Rynek Energii - 2014, nr 1, vol. 110, s. 30-34.
- [2] Jędrychowski R., System kontroli pracy małych źródeł energii elektrycznej w sieciach inteligentnych oparty na sterownikach PLC. Poznan University Of Technology Academic Journals. Electrical Engineering - 2014, nr 79, s. 79-85.
- [3] 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.
- [4] Kacejko P.: Inżynieria elektryczna i technologie informatyczne w nowoczesnych technologiach energetycznych. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN vol. 82, Lublin 2011.
- [5] WAGO. Dokumentacja techniczna. Technika pomiaru prądu i energii.
- [6] WAGO. Dokumentacja techniczna. Function Block Description for 750-495 3-Phase Power Measurement Module

OPERATION MONITORING FOR SELECTED CIRCUITS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

One of the elements that can ensure safe, predictable and efficient performance of an electrical installation is a supervisory control system. Such a system can be of diversified architecture in order to meet needs and expectations of the building owner. The data source can be based on devices supplied by various manufacturers, including programmable logic controllers (PLC's). Such an approach makes possible to develop flexible intelligent installations that are compatible with the object, where they are installed and its loads. The paper presents an operation monitoring system for an electrical installation that has been already realized in practice. Its functionality is based on operational and information management properties of PLC's.