

Realizacja układu SZR na bazie sterownika PLC WAGO PFC200

Andrzej Augusiak, Remigiusz Izbaner, Jakub Labudda

Wstęp

Układy Samoczynnego Załączania Rezerwy (układy SZR) służą do automatycznego przełączania podstawowego i rezerwowego źródła zasilania elektrycznego w sytuacji wykrycia zaniku zasilania. W ten sposób zapewniają ciągłość zasilania odbiorców o podwyższonych wymaganiach w zakresie niezawodności dostaw energii elektrycznej. Układy SZR instalowane są zazwyczaj w stacjach i rozdzielniach elektroenergetycznych, w tym w stacjach ważniejszych odbiorców użyteczności publicznej, rozdzielniach potrzeb własnych elektrowni, rozdzielniach przemysłowych itp. [1, 2].

Opisany układ SZR powstał z wykorzystaniem sterownika PLC WAGO PFC200 i umożliwia m.in.:

- automatyczne przełączanie zasilania pomiędzy źródłem podstawowym a dwoma źródłami rezerwowymi,
- automatyczne przełączanie powrotne na zasilanie podstawowe,
- ręczne (miejscowe lub zdalne) sterowanie aparatami w rozdzielnicy,
- blokady logiczne aparatów przed załączeniem źródeł do pracy równoległej, obsługa wyłączenia pożarowego aparatów za pomocą „głównego wyłącznika prądu”.

Rozwiązanie powstało w ramach pracy dyplomowej inżynierskiej „Budowa układu SZR z wykorzystaniem sterownika PLC i jego uruchomienie w systemie zasilania Laboratorium LINTE²”, przygotowywanej aktualnie na Politechnice Gdańskiej.

Przemysłowe układy SZR w elektroenergetyce

Firmy produkujące sprzęt i urządzenia elektryczne oferują szeroką gamę przemysłowych układów automatyki SZR. Wśród nich na uwagę zasługuje układ SZR typu MAX-1SX oferowany przez firmę Eaton do zapewnienia ciągłości zasilania odbiorców energii elektrycznej w sieciach niskiego napięcia.

Układ SZR z modułem automatyki typu MAX-1SX może być zbudowany z dwóch lub trzech aparatów wykonawczych (wyłączników lub rozłączników) o prądzie znamionowym od 40 A do 6300 A. Automatyka sterownika SZR pozwala na wybór pracy układu według jednego z siedmiu diagramów zasilania.

Układy zasilania zbudowane z wykorzystaniem modułu MAX-1SX działają w wyniku pobudzenia podnapięciowego i realizują przełączenie źródeł zasilania przy przerwach w zasilaniu trwających dłużej niż 1 sekundę, przy czym czas reakcji SZR na zanik napięcia można dopasować do działania urządzeń zasilających i odbiorczych.

Do działania urządzeń zasilających i odbiorczych można również dopasować czas reakcji SZR na powrót napięcia [3].

Streszczenie: Artykuł opisuje projekt i wykonanie układu Samoczynnego Załączania Rezerwy (SZR), który został zrealizowany z wykorzystaniem sterownika PLC WAGO PFC200 i jest wdrażany w systemie stacji elektroenergetycznej Laboratorium LINTE² na Politechnice Gdańskiej.

Słowa kluczowe: sterowniki PLC, układy SZR, protokoły komunikacyjne, IEC 61850.

Abstract: The paper describes the design and implementation of the Automatic Transfer Switch (ATS) system that is implemented using the WAGO PFC200 PLC controller and is going to be applied in system of power substation in the LINTE² Laboratory of the Gdańsk University of Technology. (Implementation of the ATS system using the WAGO PFC200 PLC controller).

Keywords: PLC controllers, ATS systems, communication protocols, IEC 61850.

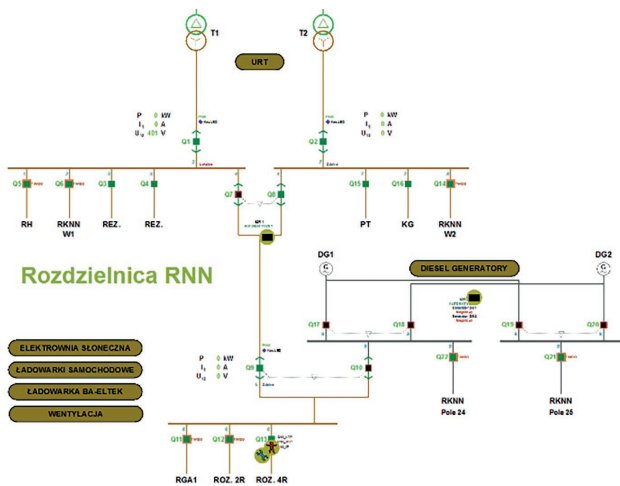
Istniejący układ SZR w Laboratorium LINTE²

Istniejący układ SZR zbudowany jest z dwóch współpracujących ze sobą podukładów: SZR1 i SZR2. Każdy z nich steruje odrębną częścią układu zasilania oraz posiada osobne fizyczne przyciski funkcyjne.

Podukład SZR1 zbudowany jest na bazie sterownika PLC Schneider Electric Twido. SZR1 ma za zadanie przełączanie źródła zasilania elektrycznego Laboratorium LINTE² pomiędzy transformatorem T2 (zasilanie podstawowe), transformatorem T1 (zasilanie rezerwowe nr 1) lub jednym z dwóch agregatów prądotwórczych DG1/DG2 o mocy 80 kW każdy (zasilanie rezerwowe nr 2), co realizowane jest za pomocą sterowania parami wyłączników Q7 i Q8 oraz Q9 i Q10.

Struktura układu zasilania laboratorium LINTE² została przedstawiona na rys. 1.

Podukład SZR2 zbudowany jest na bazie dwóch sterowników PLC Schneider Electric Twido. SZR2 ma za zadanie przełączenie źródła zasilania rezerwowego nr 2, po wcześniejszym wyborze tego źródła przez podukład SZR1. SZR2 wysyła sygnał elektryczny do sterowników agregatów Woodward easYgen-2500, który uruchamia oba agregaty jednocześnie. Po osiągnięciu przez generatory zadanego napięcia i częstotliwości, sterownik powoduje zamknięcie wyłączników Q17 i Q10 – w takiej sytuacji laboratorium zasilane jest z agregatu DG1, a DG2 pracuje jako „nieobciążona rezerwa”. Jeśli DG1 nie jest w stanie



Rys. 1. Schemat zasilania laboratorium LINTE^2 [4]

zasilic laboratorium, to wówczas otwierany jest wyłącznik Q17, a zamykany Q18 – w takiej sytuacji laboratorium zasilane jest z agregatu DG2.

Przesłanki przebudowy istniejącego układu SZR

W ramach wieloletniej eksploatacji istniejącego układu SZR zauważono szereg jego nieefektywności, z których do najważniejszych należą:

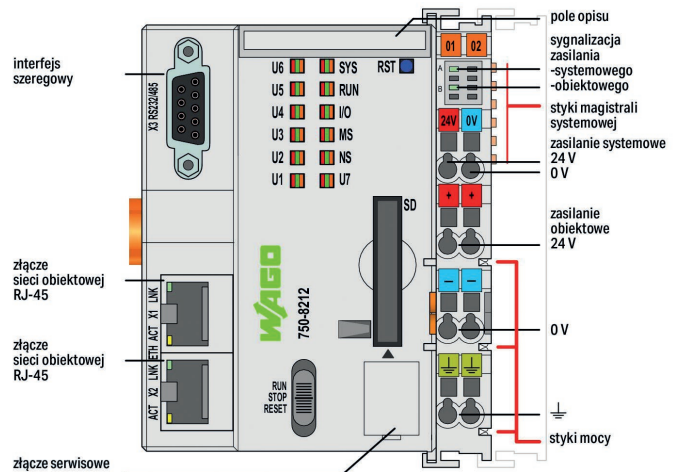
- brak pełnej komunikacji układu SZR z systemem SCADA (brak części sygnałów),
- panel sterownia ręcznego zlokalizowany w dwóch miejscach rozdzielni (dwa podukłady SZR),
- brak kryterium wyboru drugiego źródła rezerwowego (agregat DG1 lub DG2),
- brak możliwości systemowego odłączania instalacji fotowoltaicznej pracującej w laboratorium w sytuacji jego zasilania z agregatu prądotwórczego,
- nieprawidłowe sterowanie częścią aparatów w polach odpiływowych,
- brak dostępu do programu sterownika i możliwości jego dostosowania do potrzeb laboratorium,
- niepoprawne działanie układu na wciśnięcie przycisku przeciwpożarowego – następuje uruchomienie agregatów prądotwórczych,

Dodatkowo producent podukładów SZR (Schneider Electric) w 2023 r. zakończył wsparcie użytych do ich budowy sterowników Twido [3], co w razie ew. awarii sterownika uniemożliwiłoby wsparcie i naprawę układu.

Sterownik WAGO PFC200

Do budowy nowego układu SZR wykorzystano sterownik programowalny WAGO PFC200 8212/025-001 należący do modularnego systemu WAGO I/O System [4].

Sterownik posiada wbudowane 2 porty Ethernet, 1 złącze RS-232/-485, wspiera moduły dwustanowe i analogowe z serii 750/753 oraz szereg protokołów komunikacyjnych, w tym Modbus RTU/TCP, DNP3, IEC 60870-5-101/-103/-104, IEC



Rys. 2. Sterownik PLC WAGO PFC 200 (2. generacji) [5]

61400-25, IEC 61850-7 – dzięki czemu jest dobrze przystosowany do realizacji wielorakich funkcji rozproszonej automatyki w stacjach elektroenergetycznych.

Do stworzenia algorytmu układu SZR wykorzystano środowisko programistyczne CoDeSys 3.5, które wspiera tworzenie aplikacji we wszystkich językach programowania zgodnych z IEC 61131-3.

Widok sterownika WAGO PFC200 pokazano na rys. 2.

Panel WAGO TP600

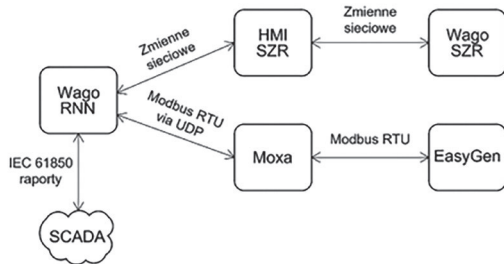
W ramach budowy nowego układu SZR zdecydowano się na wykorzystanie cyfrowego panelu operatorskiego HMI w celu lokalnego odwzorowania stanu pracy układu oraz lokalnego ręcznego sterowania aparatami rozdzielnic.

Do tego celu wykorzystano panel WAGO TP600 w wersji Control, który oprócz funkcji ekranu HMI pełni także rolę sterownika pracującego w środowisku programistycznym CoDeSys 3.5.

Panel posiada 2 porty Ethernet, 2 porty USB, 1 złącze CAN, 1 złącze RS-232/-485, 4 wejścia/wyjścia do odczytu lub sterowania sygnałami dwustanowymi oraz moduł pamięci zabezpieczony przed awarią zasilania. Właściwości panelu HMI umożliwiają stworzenie rozbudowanego sterowania o większym komforcie użytkownika w porównaniu z wykorzystaniem przycisków sterowniczych i lampek sygnalizacyjnych.

Widok panelu WAGO TP600 pokazano na rys. 3.

Rys. 3.
Panel HMI WAGO
TP600 (Control) [6]



Rys. 5. Schemat systemu komunikacyjnego sterownika WAGO_SZR

Po zamknięciu następuje 5-sekundowe blokowanie wysłania sterowania powodujące jego otwarcie ze względu na czas potrzebny na napięcie sprężyny napędu zdalnego;

Po otwarciu następuje 15-sekundowe blokowanie wysłania sterowania powodujące jego zamknięcie w celu ograniczenia częstotliwości operacji łączeniowych wyłącznika.

Komunikacja układu z systemem SCADA

Sterownik WAGO_SZR oraz panel HMI_SZR nie posiadają wbudowanej możliwości komunikacji za pomocą protokołu zgodnego ze standardem IEC 61850. Wymagałoby to dokupienia dodatkowej licencji. Zdecydowano się na wykorzystanie sterownika WAGO_RNN jako tłumacza komunikacyjnego, dzięki któremu możliwa jest komunikacja systemu SCADA ze sterownikiem WAGO_SZR za pomocą protokołu zgodnego ze standardem IEC 61850. Komunikacja między WAGO_RNN a HMI_SZR oraz między HMI_SZR a WAGO_SZR zrealizowana jest z wykorzystaniem zmiennych sieciowych wykorzystujących protokół UDP. Schemat systemu komunikacyjnego sterownika WAGO_SZR przedstawiono na rys. 5.

Standard IEC 61850 umożliwia uporządkowanie informacji dot. zainstalowanych urządzeń. Z uwagi na ograniczoną liczbę urządzeń logicznych (ang. *Logical Devices* – LD) możliwych do utworzenia na serwerze sterownika WAGO_RNN utworzono jeden zbiorczy LD zawierający informacje z układu SZR. LD Wago_SZR przedstawiono na rys. 6. Węzłem logicznym (ang. *Logical Nodes* – LN) należącym do LD Wago_SZR przypisano przedrostki wskazujące jakiego fizycznego urządzenia dotyczą. Szczególnym węzłem logicznym jest LLN0 zawierający zbiory danych – DataSets oraz zdefiniowane raporty – Reports przeznaczone do odczytu przez klientów serwera MMS/IEC 61850. Utworzono dwa raporty, zawierające odpowiednio: 1. Pozycje i stany wyłączników, 2. Dane zbiorcze z układu SZR.

Odczyt raportów serwera WAGO_RNN zawierających informacje z LD WAGO_SZR zrealizowano za pomocą dodania nowych raportów w istniejącym kliencie protokołu MMS/IEC 61850. Dodanie nowych statycznych raportów zrealizowano przez import pliku ICD wygenerowanego przez konfigurator IEC 61850 sterownika WAGO_RNN. Fragmenty raportów i sterowań zostały przedstawione na rys. 7 i rys. 8.

Literatura

- [1] Wiszniewski A., Koselnik Z., Poradnik Inżyniera Elektryka tom 3, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1996
- [2] Wiatr J., Orzechowski M., Poradnik Projektanta Elektryka, Dom Wydawniczy MEDIUM, 2008



Rys. 6. Model danych dla układu SZR na serwerze MMS/IEC 61850 sterownika WAGO_RNN

Indeks urządzenia	Opis	Referencja
0	Q7 - Wzrosty	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_GGIO1S5T1IndststVal
1	Q7 - Załączony	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCER1S5T1PreststVal
2	Q7 - Wyłączony	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCER1S5T1PreststVal
3	Q7 - Blokada Otwarcia	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCER1S5T1BlkOpstVal
4	Q7 - Blokada Zamknięcia	WAGO_RNNWago_SZR/Q7_XCER1S5T1BlkCl6stVal

Rys. 7. Odczyt danych z raportu dotyczący wyłącznika Q7

200	WAGO_SZR - Q7 Załącz	✓	✗	✗	✗	WAGO_RNN	WAGO_RNNWago_SZR	1
201	WAGO_SZR - Q7 Wyłącz	✓	✓	✗	✗	WAGO_RNN	WAGO_RNNWago_SZR	2

Rys. 8. Sterowanie dwustanowe wyłącznikiem Q7

- [3] Układ samoczynnego załączania rezerwy zasilania (SZR) z modułami automatyki typu MAX-1S, Dokumentacja techniczno-ruchowa, Eaton Electric, Gdańsk 2011
- [4] Instrukcja eksploatacyjno – ruchowa rozdzielnic RNN. Dokument wewnętrzny Laboratorium LINTE², Politechnika Gdańska, ANDREM 2012
- [5] Product Manual, WAGO I/O System 750-8212 PFC200, WAGO GmbH & Co. KG (2022)
- [6] Product Manual, WAGO Touch Panels 600 Standard Line, WAGO GmbH & Co. KG (2021)
- [7] Norma PN-EN 61850-7-4:2011/A1:2020-11 – wersja angielska

✉ Autorzy: dr inż. Andrzej Augusiak, prof. PG, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, e-mail: andrzej.augusiak@pg.edu.pl; Remigiusz Izbaner, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, e-mail: remigiusz.izbaner@pg.edu.pl; Jakub Labudda, Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, e-mail: jakub.labudda@pg.edu.pl