



POLITECHNIKA  
LUBELSKA  
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI

Laboratorium: Teletechnika w elektroenergetyce

# **Modelowanie wymiany danych w standardzie IEC61850 – część I**

**Instrukcja 1**

**Robert Jędrychowski**

Data modyfikacji: 14 luty 2024

## **Cel laboratorium:**

Celem ćwiczenia jest zaprezentowanie procesu konfiguracji sterownika PLC tak, aby mógł pracować jako urządzenie IED wykorzystujące standard IEC 61850. Wykonanie ćwiczenia oparte jest na sterownikach PLC firmy WAGO pełniących rolę urządzenia IED. Wykonanie procesu konfiguracji sterowników pozwoli zrozumieć przebieg tworzenia modelu urządzenia IED, a w drugiej części modelowania komunikacji pomiędzy sterownikami oraz przybliżyć własności protokołu IEC 61850 wykorzystywanego w systemach SCADA stosowanych w elektroenergetyce.

## **Zakres tematyczny zajęć:**

- zbudowanie modelu urządzenia IED z wykorzystaniem dostępnych węzłów logicznych LN,
- pogrupowanie informacji udostępnianych przez LN w DataSet,
- zdefiniowanie raportów buforowanych i niebuforowanych,
- zdefektowanie komunikatów GOOSE.

## **Pytania kontrolne:**

1. Jakie elementy stanowią podstawę standardu IEC 61850?
2. Jak grupujemy poszczególne dane?
3. Jaką funkcję pełnią raporty danych?
4. Do czego wykorzystujemy węzeł logiczny GGIO?

## **1 OPIS APLIKACJI WAGO IEC 61850 CONFIGURATOR**

IEC 61850 opisane pierwotnie zostało w dziesięciu dokumentach, które do dnia dzisiejszego są modyfikowane i rozszerzane, tworząc coraz bardziej rozbudowany i uniwersalny standard. Wykorzystuje on sposób opisu elementów systemu elektroenergetycznego zawarty w standardzie CIM, zastępuje tradycyjne urządzenia automatyki elektroenergetycznej i telemechaniki tzw. urządzeniami inteligentnymi IED, których sposób funkcjonowania określony został poprzez węzły logiczne LN (*Logical Node*) oraz sposoby wymiany danych pomiędzy nimi. LN reprezentuje zadania wewnętrzne urządzenia i jest określony poprzez obiekty danych (DO), przypisane im atrybuty (DA – data attribute) oraz metody dostępu do nich. Poszczególne węzły przypisane są do trzech poziomów w obrębie modelowanego obiektu: stacji, pola i procesu. Na bazie opisanych węzłów logicznych definiowane są funkcje realizowane przez system.

Modelowanie funkcji realizowanych przez SAS (*Substation Automation System*) odbywa się na zasadzie dekompozycji. Węzły logiczne (LN) zdefiniowane dla poszczególnych urządzeń fizycznych, określanych jako PD (*Physical Devices*), tworzą funkcję np. zabezpieczenie odległościowe, wymieniając informacje pomiędzy sobą. W tym celu standard definiuje interfejsy pozwalające na komunikację pomiędzy węzłami oraz opisuje sposób wymiany informacji poprzez PICOM (*Pice of Information for COMunication*). Funkcja może posiadać następujące cechy:

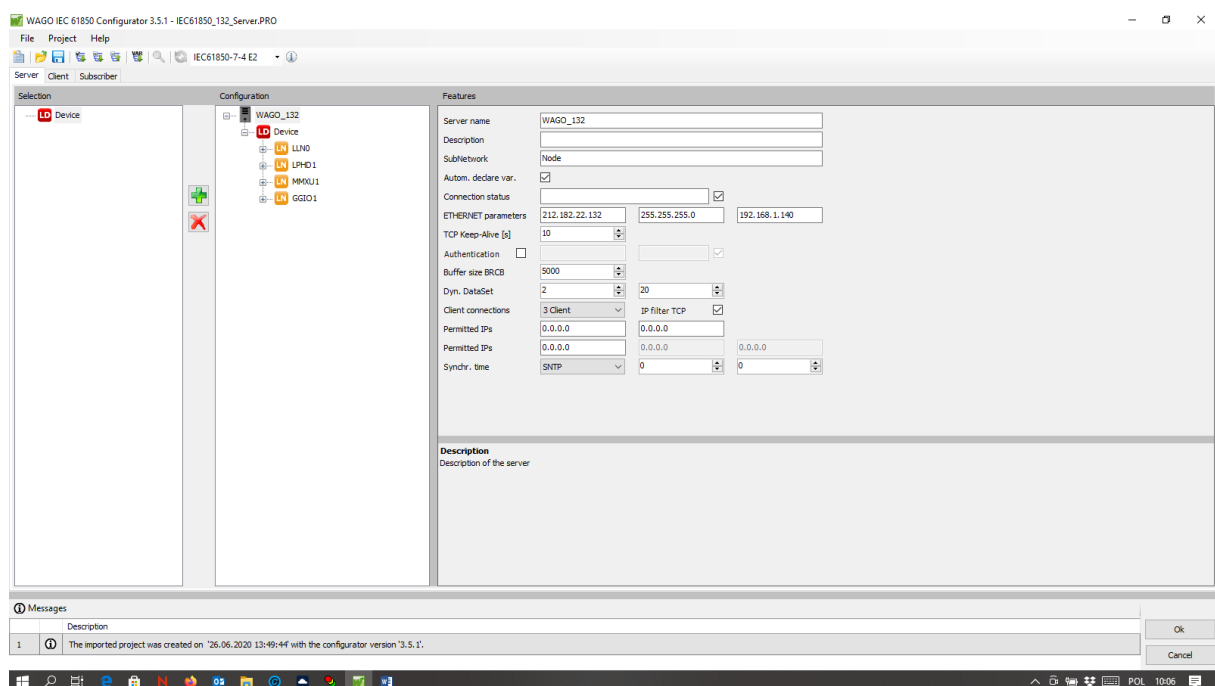
- może być reprezentowana przez kilka LN wymieniających dane pomiędzy sobą,
- może mieć charakter rozproszony,
- węzły logiczne mogą znajdować się w różnych PD.

Takie podejście narzuca wymagania jakościowe na SAS oraz elementy go tworzące. Dodatkowo nakładane są również wymagania środowiskowe oraz funkcjonalne poprzez wskazanie w standardzie istniejących norm i specyfikacji.

O sposobie organizacji lokalnego SSiN decyduje wiele czynników, jednym z nich jest sposób współpracy poszczególnych urządzeń pomiędzy sobą.

Do realizacji ćwiczenia wykorzystane zostaną sterowniki dostępne w laboratorium, są to dwa sterowniki PFC200 Telecontrol firmy WAGO. Jako źródło sygnałów analogowych i binarnych wykorzystany zostanie komputer z kartą sygnałową NationalComputers sterowaną w środowisku LabView.

Sterownik WAGO 750-8202/025-001 należy do grupy sterowników Telecontrol. Pozwalają one na realizację komunikacji wykorzystujących jeden z trzech protokołów telemetrycznych, należą do nich: IEC 60870-5-101/-103/-104, IEC 61850/61400-25 i DNP3. Sterownik pełni funkcję gateway'a pomiędzy urządzeniami automatyki, a systemem SCADA. Do konfiguracji sterownika wykorzystano środowisko CoDeSys 2.3.



Rys. 1.1 Widok aplikacji IEC 61850 Configurator

Konfigurator obsługujący protokoły IEC 61850 jest realizowany w środowisku CoDeSys. Urządzenie dla tworzenia protokołu znajduje się w zakładce Resources Kategorii Obiektów CoDeSys o nazwie IEC61850-Konfsg[FIX]. IEC 61850 Configurator jako odrębna aplikacja otwiera się w nowym oknie.

Otworzone okno IEC 61850 Configurator składa się z elementów pokazanych na rysunku 1.1:

1. Menu – funkcja *File* pozwala wygenerować nowy, otworzyć istniejący oraz zapisać plik; funkcja *Project* daje możliwość konfigurowania programu poprzez definicję elementów *Task*; *Help* – instrukcja;
2. Lista rozwijana – pozwala na dokonanie wyboru wersji standardu;
3. Zakładki – pozwalają na konfigurację parametrów dla następujących opcji: *Server*, *Client*, *Subscriber*. Wszystkie trzy elementy konfigurowane są oddzielnie.
4. Wybór obszaru – pokazuje dostępne elementy, które wybrano w Obszarze konfiguracji, aby dodać element do Obszaru funkcji trzeba kliknąć strzałkę;

5. Obszar konfiguracji – pokazuje drzewo konfiguracji projektu, tu znajdują się węzły logiczne: wejścia/wyjścia analogowe oraz binarne, liczniki, metody połączenia ze sterownikiem;
6. Obszar funkcji – okno dla ustawienia parametrów.
7. Pasek stanu – wyświetla komunikaty o stanie i błędach dla czynności, które były wykonywane.

Wykonania pełnej konfiguracji IEC 61850 należy wykonać różne ustawienia dla dwóch urządzeń. Są one podzielone na następujące czynności:

1. Utworzenie konfiguracji Server dla sterownika;
2. Utworzenie konfiguracji Client dla sterownika;
3. Ustanowienie komunikacji wykorzystującej komunikaty GOOSE.

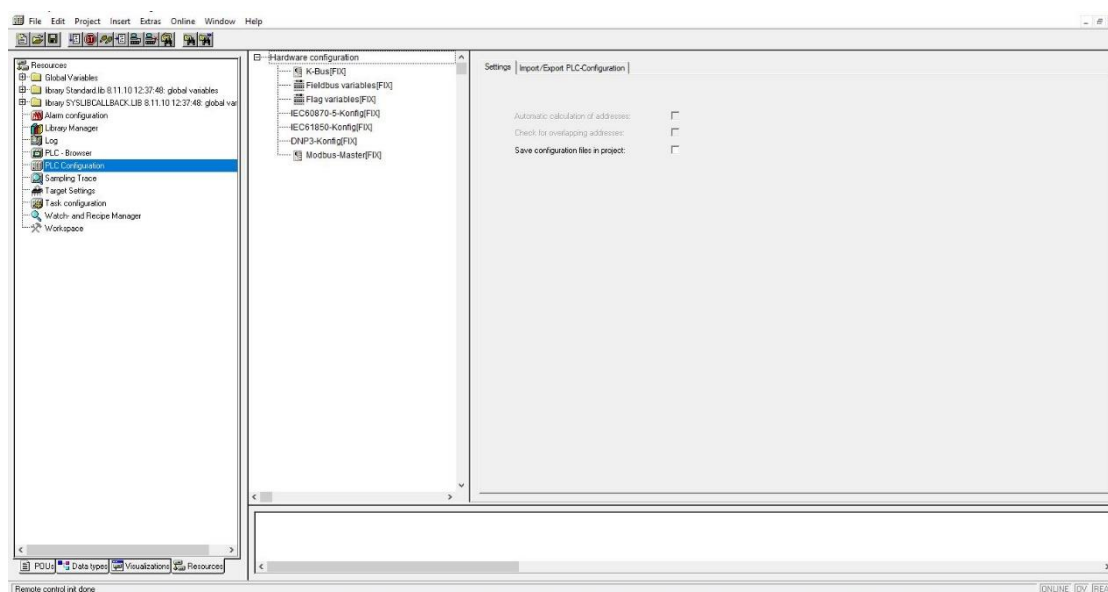
Poszczególne czynności wykonywane będą kolejno na dwóch współpracujących ze sobą sterownikach.

## 2 KONFIGURACJA

### 2.1 Konfiguracja wstępna

Na stanowisku laboratoryjnym należy uruchomić znajdujące się na nim oba komputery. Pierwszy z nich (prawy) wyposażony jest w kartę pomiarową oraz aplikację *Simulator* pozwalającą na zadanie na sterownik PLC sygnałów binarnych i analogowych. Na drugim komputerze zainstalowano oprogramowanie CoDeSys, w którym realizowana będzie dalsza część ćwiczenia. Realizacja ćwiczenia wymaga podstawowych, minimalnych umiejętności z zakresu programowania sterowników PLC.

- Wykorzystujemy plik *Test\_IEC\_132* zawierający przygotowaną wstępną konfigurację sterownika PLC uwzględniającą dołączone moduły, przypisanie zmiennych systemowych dla poszczególnych wejść oraz obsługę sygnałów analogowych. Plik pozwala na wykonanie ćwiczenia oraz wykorzystanie sygnałów binarnych i analogowych wprowadzonych na wejściu poszczególnych modułów.
- Należy skopiować plik *Test\_IEC\_132* do własnego katalogu, a następnie uruchomić.
- W dolnej części okna głównego środowiska CoDeSys należy wybrać zakładkę "*Resources*" i otworzyć "*PLC Configuration*", rysunek poniżej.



Rys. 2.1 Widok PLC Configuration

- Następnie wybierając "IEC61850 Config(FIX)" uruchomić aplikację *IEC61850 Configurator*.

W pierwszej części konfiguracji należy wprowadzić wszystkie niezbędne informacje pozwalające na skonfigurowanie urządzenia IED jako serwera udostępniającego wybrane informacje innym urządzeniom IED w sieci Ethernet.

- W pierwszej kolejności wybieramy drugą edycję standardu ustawiając w oknie rozwijanym parametr IEC61850-7-4 E2.
- W oknie *Configuration* zaznaczyć główny obiekt WAGO6180Server, a następnie w oknie *Features* zaznaczamy i zmieniamy następujące opcje:
  - Server name: zmieniamy nazwę na WAGO\_132.
  - Autom. Declare var: zaznaczamy.
  - ETHERNET parameters: ustawiamy pierwszy adres jako 212.182.22.132, maskę 255.255.255.0 oraz drugi adres 212.182.22.1.
  - Client connections: wybieramy 3 Client. Liczba ta zapewni możliwość wymiany danych z innymi IED oraz z programem monitorującym IEDScout.
  - Pozostałe pola pozostawić z wartościami domyślnymi.

Następnie przystępujemy do budowy struktury wewnętrznej struktury urządzenia IED. W tym celu wykorzystanych zostanie kilka, często stosowanych węzłów logicznych o charakterystycznych właściwościach.

- W oknie *Configuration* należy zaznaczyć Server, a następnie w oknie *Selection* wybrać *Device* i kliknij przycisk "+". Zostanie dodane urządzenie logiczne (LD) o nazwie „Device” oraz dwa obowiązkowe węzły logiczne (LN) LLN0 i LPHD wraz podstawowymi obiektami danych. Nazwy utworzonych obiektów oraz opis może być zmieniony w oknie *Features*.
- W kolejnym kroku należy uzupełnić listę węzłów logicznych, w tym celu w oknie *Configuration* należy zaznaczyć *Device*. W oknie *Selection* pojawią się grupy węzłów logicznych, które możemy wybrać do rozszerzenia zakresu działania naszej aplikacji. Na potrzeby ćwiczenia dodajemy:
  - Dwa węzły logiczne MMXU,
  - Dwa węzły sterujące łącznikami CSWI,
  - Oraz węzeł GGIO.
- Następnie w oknie *Configuration* należy dla każdego z utworzonych węzłów logicznych sprawdzić przypisaną do nich listę obiektów danych oraz umieszczonych w nich atrybutów.
- Kolejnym krokiem jest dostosowanie konfiguracji węzłów logicznych do potrzeb modelu. W tym celu w obszarze *Configuration* wybieramy kolejne węzły logiczne, dodajemy obiekty danych (DO) z okna *Selection*, a następnie atrybuty danych (DA). Dla każdego z elementów można modyfikować ustawienia w obszarze *Features*, co należy wykorzystać w dalszej części.

## 2.2 Konfiguracja MMXU

W zadaniu tym należy dodać i skonfigurować węzły logiczne wykorzystywane do obsługi pomiarów. Wykorzystamy podstawowe wielkości opisujące parametry sieci trójfazowej:

- Konfiguracja pierwszego węzła MMXU:
  - w obszarze *Features* ustawiamy Prefix jako „v” i pozostawiamy Instance jako 1, to rozszerza nazwę węzła do postaci vMMXU1.
  - Po ustawieniu się na vMMXU1 dodajemy obiekt danych opisujące napięcie trójfazowe **PPV**, obiekt domyślnie jeden atrybut danych (DA) phsAB.
  - Ustawiamy się na PPV i dodajemy dodatkowe DA: phsBC, phsCA (FC=CDC).

- Dla (DA) phsAB: otwieramy zawarte w nim kolejne DA (FC=MX): **cVal** -> **mag** -> **f**, a następnie w obszarze *Features* ustawiamy,
  - Variable datap. - **rIED\_AI\_00**,
  - Automatyczną deklarację - element ,
  - Wartość początkową – 15.
  - Trigger option – **Dchg**.
- Czynności z punktu d powtarzamy ze zmodyfikowanymi nazwami zmiennych dla phsBC, phsCA.
- Po ponownym ustawieniu się na vMMXU1 dodajemy obiekt danych opisująca prąd trójfazowe **A** (FC=CDC), obiekt domyślnie jeden atrybut danych (DA) phsA.
- Ustawiamy się na **A** i dodajemy dodatkowe DA (FC=MX): phsB, phsC.
- Dla (DA) phsA: otwieramy zawarte w nim kolejne DA: **cVal** -> **mag** -> **f**, a następnie w obszarze *Features* ustawiamy,
  - Variable datap. - **rIED\_AI\_03**,
  - Automatyczną deklarację - element ,
  - Wartość początkową – 1.
  - Trigger option – **Dchg**.
- Czynności z punktu h powtarzamy ze zmodyfikowanymi nazwami zmiennych dla phsB, phsC.
- Konfiguracja drugiego węzła MMXU:
  - w obszarze *Features* ustawiamy Prefix jako „p” i pozostawiamy Instance jako 1, to rozszerza nazwę węzła do postaci pMMXU1.
  - Po ustawieniu się na pMMXU1 dodajemy obiekt danych DO opisujące moce czynną **TotW**, bierną **TotVar**, pozorną **TotVA**, współczynnik mocy **TotPF** oraz częstotliwość **Hz**. Każdy obiekt domyślnie posiada jeden atrybut danych (DA).
  - Dla (DA): otwieramy zawarte w nim kolejne DA: **mag** -> **f**, a następnie w obszarze *Features* ustawiamy,
    - Variable datap. - **rIED\_AI\_xx**,
    - Automatyczną deklarację - element ,
    - Wartość początkową.
    - Trigger option – **Dchg**.
  - Czynności z punktu c powtarzamy ze zmodyfikowanymi nazwami zmiennych dla wszystkich DO.

## 2.3 Konfiguracja CSWI

Kolejnym elementem jest wykorzystanie węzła CSWI pozwalającego na sterowanie i monitorowanie położeniem łączników. W tym ćwiczeniu, ze względu na sposób doprowadzenia sygnałów do PLC, ograniczono się jedynie do monitorowania położenia łączników. W zadaniu tym należy dodać i skonfigurować dwa węzły logiczne wykorzystywane do obsługi łączników:

- Konfiguracja pierwszego węzła CSWI kontrolującego położenie łącznika:
  - w obszarze *Features* ustawiamy Prefix jako „w” i pozostawiamy Instance jako 1, to rozszerza nazwę węzła do postaci wCSWI1.
  - Ustawiamy się na DO **Pos** i dla (DA) **Oper**->**ctlVal** w obszarze *Features* ustawiamy,
    - Variable datap. - **xIED\_DI\_00**,
    - Automatyczną deklarację - element ,

- Wartość początkową – **False**.
  - Trigger option – **Dchg**.
- Konfiguracja drugiego węzła CSWI kontrolującego położenie łącznika:
  - w obszarze *Features* ustawiamy Prefix jako „o” i pozostawiamy Instance jako 1, to rozszerza nazwę węzła do postaci oCSWI1.
  - Ustawiamy się na DO **Pos** i dla (DA) **Oper->ctlVal** w obszarze *Features* ustawiamy,
    - Variable datap. - **xIED\_DI\_01**,
    - Automatyczną deklarację - element ,
    - Wartość początkową – **False**.
    - Trigger option – **Dchg**.

## 2.4 Konfiguracja GGIO

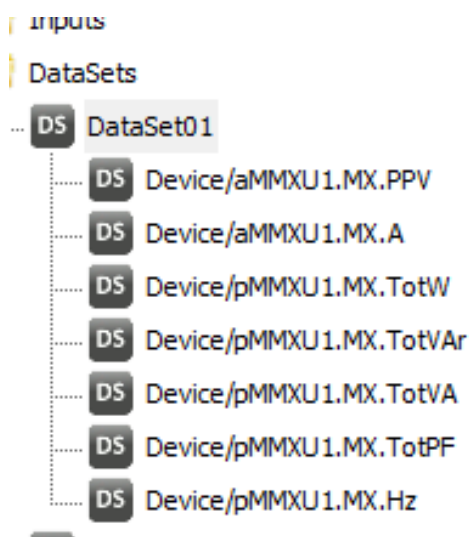
Konfiguracja pierwszego węzła GGIO ma na celu wprowadzenie obsługi dowolnych sygnałów analogowych i binarnych. Zastępuje uniwersalne wejścia/wyjścia dla sygnałów analogowych i dwustanowych w przekaźnikach.

- Konfiguracja węzła GGIO:
  - w obszarze *Features* pozostawiamy wartości domyślne.
  - Po ustawieniu się na **GGIO** dodajemy 4 obiekt danych opisująca wejścia analogowe **AnIn** oraz 4 obiekt danych opisująca wejścia binarne **Ind**,
  - Dla (DO) **AnIn1**: otwieramy zawarte w nim kolejne DA: **mag -> f**, a następnie w obszarze *Features* ustawiamy,
    - Variable datap. - **rIED\_AI\_xx**,
    - Automatyczną deklarację - element ,
    - Wartość początkową – 2,5.
    - Trigger option – **Dchg**.
  - Czynności powtarzamy ze zmodyfikowanymi nazwami zmiennych dla pozostałych **AnIn**.
  - Dla (DO) **Ind1**: otwieramy zawarte w nim kolejne DA: **stVal**, a następnie w obszarze *Features* ustawiamy,
    - Variable datap. - **xIED\_DI\_xx**,
    - Automatyczną deklarację - element ,
    - Wartość początkową – **False**.
    - Trigger option – **Dchg**.
  - Czynności powtarzamy ze zmodyfikowanymi nazwami zmiennych dla pozostałych **Ind**.

## 2.5 Konfiguracja DataSets

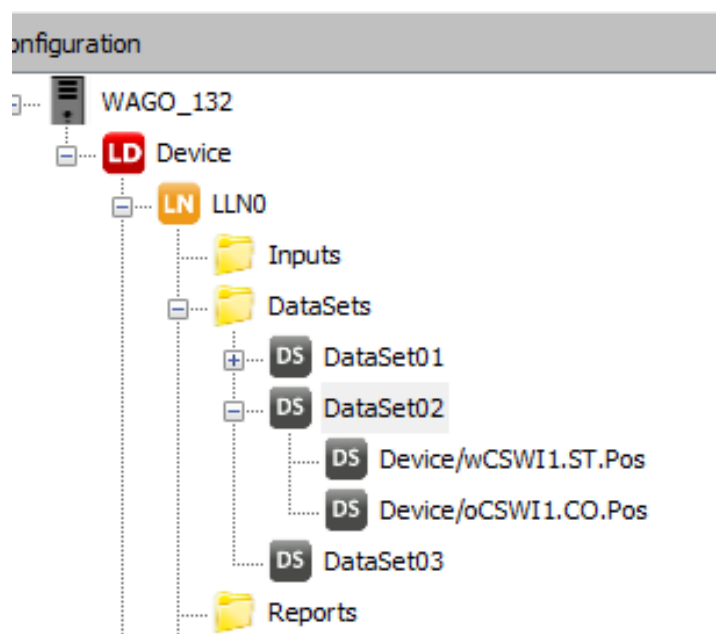
Konfiguracja **DataSets** pozwala na pogrupowanie danych w celu zarządzania całą grupą poprzez przypisanie do raportów lub komunikatów GOOSE.

- W oknie *Configuration* rozwinąć węzeł LLN0, w którym znajduje się katalog **DataSets**. Ustawiamy się na nim i dodajemy 3 **DataSet** z sekcji *Selection*.
- Dla **DataSet01** dodajemy zdefiniowane wcześniej DO węzłów **aMMUX1** i **pMMUX1** jak na rysunku poniżej



Rys. 2.2 DataSet pomiarów analogowych

- Dla **DataSet02** dodajemy zdefiniowane wcześniej DO węzłów **wCSWI1** i **oCSWI1** jak na rysunku poniżej



Rys. 2.3 DataSet dla łączników

- Dla **DataSet03** dodajemy zdefiniowane wcześniej DO węzła GGIO.

## 2.6 Konfiguracja Raportów

Konfiguracja **Reports** umożliwia zarządzanie wymianą danych pomiędzy serwerem oraz klientami. Pozwala na wybranie danych transmitowanych cyklicznie (*pooling*) poprzez protokół MMS.

- W oknie *Configuration* rozwinąć węzeł LLN0, w którym znajduje się katalog **Reports**. Ustawiamy się na nim i dodajemy 2 **ReportBlock** z sekcji *Selection*.
  - Dla **ReportBlock01** ustawiamy następujące parametry w obszarze *Features*:
    - Buffered – zaznaczamy element ,
    - Buffer time – 10 ms,



- Integrity period – 10 ms,
- DataSet – DataSet01,
- Pozostałe parametry domyślne.
- Dla **ReportBlock02** ustawiamy następujące parametry w obszarze *Features*:
  - DataSet – DataSet02,
  - Pozostałe parametry domyślne.

## 2.7 Konfiguracja GOOSE

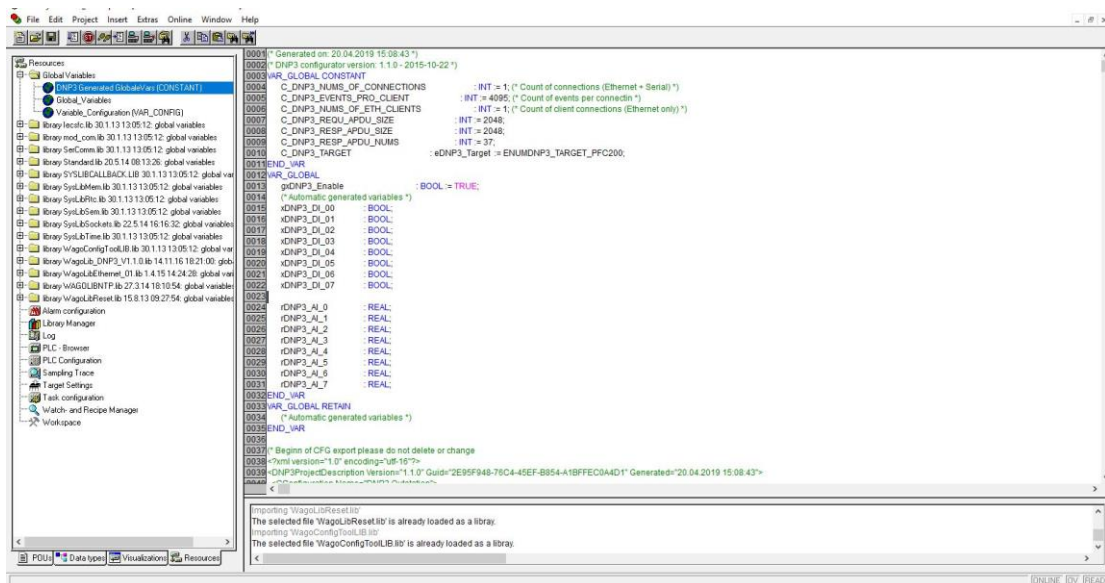
Konfiguracja GOOSE pozwala na wybranie danych transmitowanych poprzez szybkie komunikaty GOOSE jako transmisja multicast. Komunikaty GOOSE zastąpiły sygnały elektryczne dostępne wcześniej na dedykowanych listach sygnałowych.

- W oknie *Configuration* rozwinąć węzeł LLN0, w którym znajduje się katalog **GOOSE**. Ustawiamy się na nim i dodajemy 2 **GooseBlock** z sekcji *Selection*.
  - Dla **GooseBlock 01** ustawiamy następujące parametry w obszarze *Features*:
    - DataSet – DataSet03,
    - Pozostałe parametry domyślne.

## 2.8 Zapis konfiguracji i przypisanie zmiennych systemowych

Jeśli konfiguracja przebiegła pomyślnie należy ją zapisać i zamknąć okno konfiguratora, w tym celu należy:

- Wybrać opcje File->SaveAs i zapisać projekt jako plik Test\_IEC\_132 z rozszerzeniem .CID. Plik ten zostanie wykorzystany w drugiej części ćwiczenia.
- Aby zapisać wszystkie zmiany, naciśnij "OK", spowoduje to zamknięcie okna *IEC 61850 Configurator* i powrót do programu CoDeSys.
- Wszystkie nowe zmienne są zapisane jako Wartości Globalne (Global Variables), które znajdują się w **Resources > Global Variables > IEC81650C\_Generated\_GVL**.



Rys. 2.4 CoDeSys – IEC81650C\_Generated\_GVL

- Aby powiązać komunikat IEC z programem do sterowania należy utworzyć POU's > PLC\_PRG(PRG) w obszarze roboczym programu głównego wpisać:
  - Przypisanie do zmiennych protokołu IEC dla **Binary Input** i **Analog Input** zmiennych systemowych (dostępnych w oknie dialogowym po naciśnięciu F2)

odpowiadającej sygnałom dostarczonym do sterownika ze środowiska LabView.

- Przykład przypisania: **xIEC\_DI\_00:=Zmienna\_systemowa (BI);**
- Dla pomiarów analogowych przypisanie wykorzystuje podprogram przetwarzający sygnał analogowy, **rIED\_AI\_xx:=Analog.Pomiar00;**
- Przypisanie do zmiennej lokalnej lub systemowej zmiennej protokołu IEC dla zmiennych przypisanych do modułów obsługujących wyjścia np. **Zmienna\_systemowa (BO):= xIEC\_DO\_00;**
- W zakładce w Resources > Task settings należy sprawdzić czy istnieje Task dla programu głównego PLC\_PRG. Jeżeli nie jest on dodany należy go utworzyć i przypisać program główny z ustawieniami domyślnymi.
- Należy skompilować program i jeśli nie ma błędów wgrać do pamięci sterownika.
- Sprawdzić poprawność działania konfiguracji.
- W programie Notepad++ otworzyć zapisany plik Test\_IEC\_132.CID i zapoznać się z jego strukturą.