



POLITECHNIKA  
LUBELSKA  
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI

Laboratorium: Teletechnika w elektroenergetyce

# **Konfiguracja urządzenia RTU wykorzystującego DNP3 do współpracy ze sterownikiem MST2**

**Robert Jędrychowski**

Data modyfikacji: 19 października 2022

**Cel laboratorium:**

Celem ćwiczenia jest zaprezentowanie procesu konfiguracji komunikacji pomiędzy sterownikiem Ex-MST2 a jednostką RTU z wykorzystaniem protokołu DNP3. Wykonanie ćwiczenia oparte jest na sterowniku PLC firmy WAGO pełniącej rolę urządzenia RTU. Wykonanie procesu konfiguracji sterownika pozwoli zrozumieć przebieg komunikacji pomiędzy sterownikami oraz przybliżyć własności protokołu DNP3 wykorzystywanego w systemach SCADA stosowanych w elektroenergetyce.

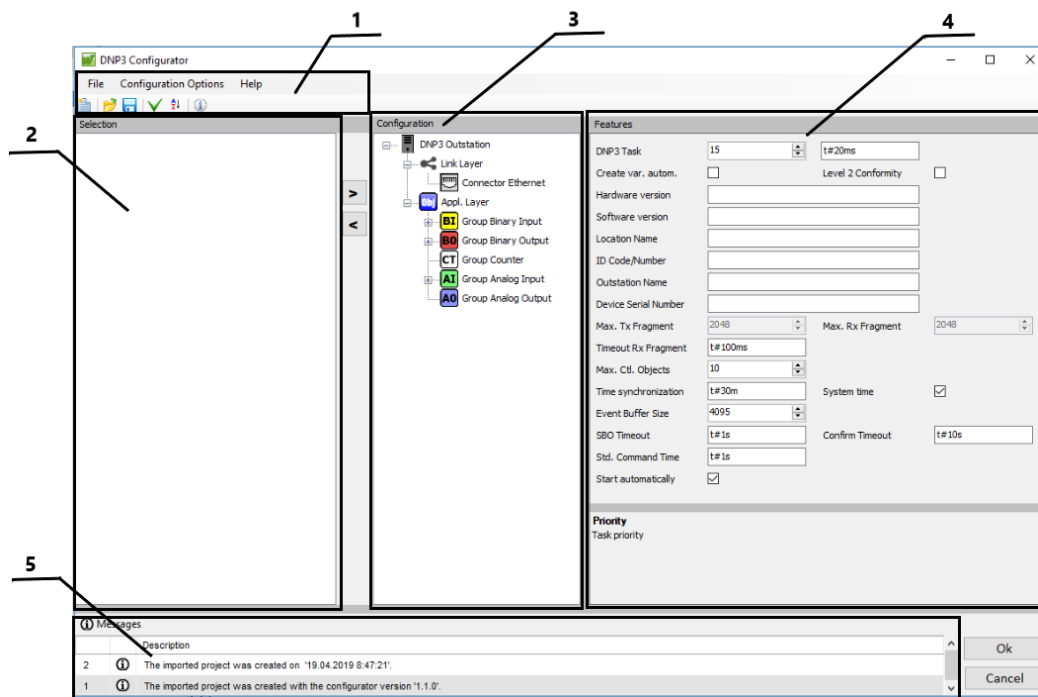
**Zakres tematyczny zajęć:**

- konfiguracja warstwy łącza danych protokołu DNP3,
- konfiguracja wybranych klas danych i obiektów danych w warstwie aplikacji,
- uruchomienie protokołu DNP3 na sterowniku PLC,
- testy połączenia ze sterownikiem MST2.

**Pytania kontrolne:**

1. Omów model komunikacji wykorzystywany w protokole DNP3.
2. Wymień klasy danych w DNP3.
3. Jakie znasz rodzaje połączeń wykorzystywanych w warstwie łącza danych?

# 1 OPIS APLIKACJI WAGO DNP3 CONFIGURATOR



Rys. 1.1 Widok aplikacji DNP3 Configurator

Do realizacji ćwiczenia wykorzystane zostaną sterowniki dostępne w laboratorium, są to Ex-MST2 firmy Elkomtech oraz 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 wykorzystującą 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.

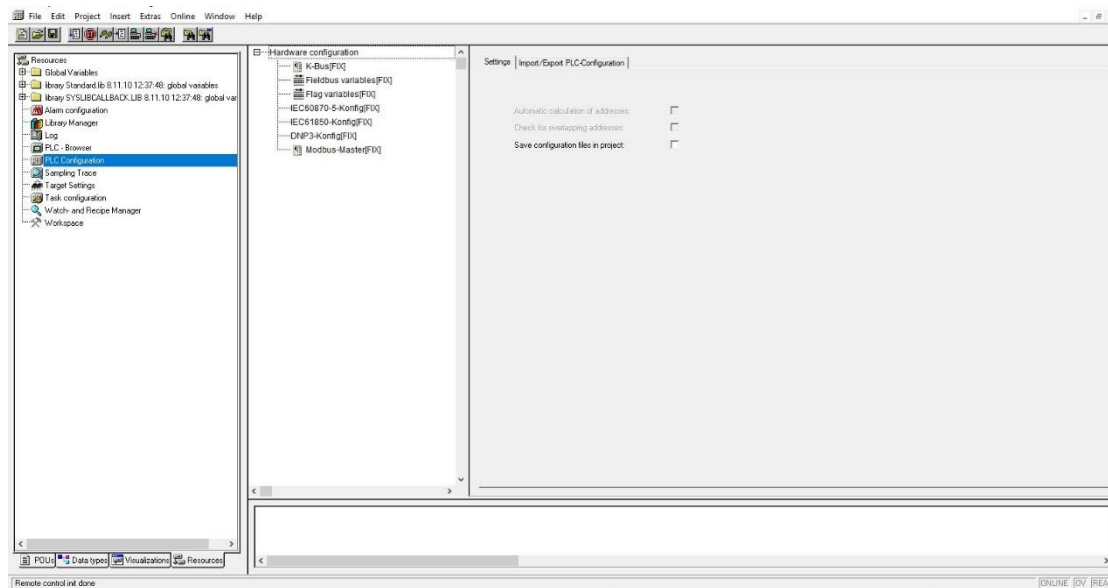
Konfigurator obsługujący protokoły DNP3 jest realizowany w środowisku CoDeSys. Urządzenie dla tworzenia protokołu znajduje się w zakładce Resources Kategorii Obiektów CoDeSys o nazwie DNP3-Konfsg[FIX]. DNP3 Configurator jako odrębna aplikacja otwiera się w nowym oknie. Otworzone okno DNP3 Configurator składa się z elementów pokazanych na rysunku 4.1:

1. Menu – funkcja File pozwala wygenerować nowy, otworzyć istniejący oraz zapisać plik; funkcja Configuration Option daje możliwość konfigurowania programu; Help – instrukcja;
2. Wybór obszaru – pokazuje dostępne elementy, które wybrano w Obszarze konfiguracji, aby dodać element do Obszaru funkcji trzeba kliknąć strzałkę;
3. Obszar konfiguracji – pokazuje drzewo konfiguracji projektu, tu znajdują się węzły logiczne: wejścia/wyjścia analogowe oraz binarne, liczniki, metody połączenia ze sterownikiem;
4. Obszar funkcji – okno dla ustawienia parametrów;
5. Pasek stanu – wyświetla komunikaty o stanie i błędach dla czynności, które były wykonywane.

Dla ustawienia komunikatora DNP3 należy wykonać różne ustawienia. Są one podzielone na kategorie ustawień:

1. Ustawienia globalne (*Global parameters*);

2. Parametry warstwy łącza danych (*Link Layer*);
3. Parametry warstwy aplikacji (*Application Layer*).



Rys.4.2. Widok PLC Configuration

Poszczególne okna aplikacji mogą różnić się w zależności od zainstalowanej wersji aplikacji konfiguratora oraz bieżących ustawień sterownika PLC.

Na stanowisku laboratoryjnym należy uruchomić znajdujące się na nim komputery. Pierwszy z nich (prawy) wyposażony jest w kartę pomiarową oraz aplikację Symulator pozwalającą na wprowadzenie 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.

- Należy uruchomić plik Test\_132\_DNP3 zawierający wstępną konfigurację dla sterownika PLC pozwalającą korzystać z sygnałów binarnych i analogowych wprowadzonych na wejściu sterownika.
- W dolnej części okna głównego środowiska CoDeSys należy wybrać zakładkę "Resources" i otworzyć "PLC Configuration", rysunek 4.2.
- Następnie wybierając DNP3 Config(FIX) uruchomić aplikację DNP3 Configurator.

## 2 KONFIGURACJA KOMUNIKACJI

### 2.1 Ustawienia globalne

Globalne ustawienia można modyfikować po wybraniu elementu DNP3 Outstation. Na rysunku poniżej pokazano widok nastaw w Obszarze funkcji.

The screenshot shows a configuration window titled 'Features'. It contains the following settings:

- DNP3 Task: 15 (dropdown), t#20ms (text box)
- Create var. autom.:
- Level 2 Conformity:
- Hardware version: (text box)
- Software version: (text box)
- Location Name: (text box)
- ID Code/Number: (text box)
- Outstation Name: (text box)
- Device Serial Number: (text box)
- Max. Tx Fragment: 2048 (dropdown)
- Max. Rx Fragment: 2048 (dropdown)
- Timeout Rx Fragment: t#100ms (text box)
- Max. Ctl. Objects: 10 (dropdown)
- Time synchronization: t#30m (text box)
- System time:
- Event Buffer Size: 4095 (dropdown)
- SBO Timeout: t#1s (text box)
- Confirm Timeout: t#10s (text box)
- Std. Command Time: t#1s (text box)
- Start automatically:

Below the settings is a section titled 'DNP3 Task' with the label 'Task definition'.

Rys. 2.1. Konfigurowanie ustawień dla elementu DNP3 Outstation

Tabela 1. Opis funkcji elementu DNP Outstation

Funkcja	Opis
DNP3 Task	Odpowiada za priorytet i czas cyklu. Wartości te zostaną ustawione dla elementu Task obsługującego komunikację DNP3.
Create var. autom	Daje możliwość automatycznego tworzenia zmiennych.
Level 2 Conformity	Jeśli ta funkcja jest włączona, mogą być skonfigurowane tylko aplikacje zgodne z "DNP Level 2". W tym przypadku nie można korzystać z niektórych opcji, np. "wejścia analogowe" w formacie "FLOAT".
Hardware version	Funkcje opisowe.
Software version	
Location Name	
ID Code/Number	
Outstation Name	
Device Serial Number	
Max. Tx Fragment	Ta wartość odpowiada maksymalnemu rozmiarowi wysłanego fragmentu informacji w warstwie aplikacji (zawsze ustawiona na 2048).

Timeout Rx Fragment	Wartość ta odpowiada maksymalnemu rozmiarowi odbieranego fragmentu informacji w warstwie aplikacji (zawsze ustawiona na 2048).
Time synchronization	Tutaj wprowadza się przedział czasu, po upływie którego, stacja żąda synchronizacji od głównej stacji.
Max. Ctl. Objects	Maksymalna liczba obiektów, które mogą być przetwarzane przez podstawę w kierunku sterowania.
System time	Czas odebrany ze stacji głównej jest stosowany do zegara czasu rzeczywistego systemu docelowego.
Event Buffer Size	Tutaj podano maksymalną liczbę rekordów zdarzeń, które mogą być przechowywane w programie.
SBO Timeou	Tutaj wprowadza się maksymalny czas, który może upłynąć pomiędzy urządzeniami Master/Client.
Confirm Timeout	<i>Client</i> może poprosić o potwierdzenie wiadomości, które zostały wysłane, na przykład podczas transmisji wydarzeń. Tutaj wprowadza się czas, w ciągu którego, <i>Client</i> będzie czekać na potwierdzenie od <i>Master</i> .
Std. Command Time	Tutaj można określić czas wykonywania poleceń. Czas ten jest używany tylko wtedy, gdy dla poleceń z urządzenia <i>Master</i> określono bezpośredni czas realizacji.
Start automatically	Po zaznaczeniu tego pola wyboru aplikacja DNP3 uruchamia się automatycznie wraz z programem.
Secure Authentication	Wykorzystanie mechanizmu autentykacji źródła.

Wykonanie konfiguracji:

- W oknie Configuration zaznaczyć główny obiekt DNP3 Outstation, a następnie w oknie Features zaznaczyć następujące opcje:
  - Declare var. autom.
  - System time.
  - Start automatically.
  - Pozostałe pola pozostawić z wartościami domyślnymi.

## 2.2 Parametry warstwy Link Layer

Nastawy **Link Layer** to parametry, które określają właściwości warstwy łącza danych, aby skonfigurować połączenie między podrzędnym i głównym urządzeniem. Połączenie może być zrealizowane w oparciu o łącze RS 232 oraz Ethernet. W przypadku wykorzystania łącza Ethernet parametry konfiguracji wykraczają poza warstwę łącza danych w znaczeniu modelu OSI. Wykorzystując połączenie przez Ethernet, w zależności od systemu docelowego, można skonfigurować do czterech połączeń. Widok nastaw "Connector ETHERNET" pokazano na Rys. 2.2.

Features				
Outstation addr.	3		Master connections	1 Client
Own IP address X1	192.168.10.17		Own IP address X2	192.168.10.11
Property	Master 1	Master 2	Master 3	Master 4
Master addr. / Check	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Network Protocol	UDP	TCP	TCP	TCP
Port	20000	20000	20000	20000
Binding	No Binding	No Binding	No Binding	No Binding
Status of link layer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Keep-Alive/Link-Test	10	10	10	10
IP Filter	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permissible IP address	192.168.2.20	192.168.2.2	192.168.2.3	192.168.2.4
Permissible IP address	0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0
Permissible IP address	0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0
Unsolicited Support	<input checked="" type="checkbox"/> Disabled	Disabled	Disabled	Disabled

Rys. 2.2. Konfigurowanie ustawień dla elementu Connector ETHERNET

Tabela 2. Opis funkcji elementu Connector ETHERNET

Funkcja	Opis
Outstation addr.	Adres warstwy łącza
Network Protocol	Standardowy protokół połączenia, do wyboru TCP, UDP, TSL/SSL
Port	Porty, który będą używane do łączenia.
TCP Keep-Alive [s]	"Keep Alive" to monitorowanie stanu połączenia, nastawa czasu otwarcia kanału dla przesyłania danych.
Own IP address	Własny adres IP urządzenia (kontrolera)
Master connections	Ilość połączeń, które mogą być zainstalowane jednocześnie z wiodącym urządzeniem.
IP Filter	Przy wyborze tego, adres IP, który jest przyjęty podczas konfigurowania połączenia, będzie ograniczony.
Address verification	Jeśli to pole wyboru jest zaznaczone, to będzie identyfikowany adres urządzenia głównego.
Master addr.	Ten parametr można wybrać tylko wtedy, gdy zaznaczone jest pole wyboru "Address verification". Ten adres jest używany w poziomie komunikacji w celu koordynacji źródła i odbiorcy.
Permissible IP	Określone adresy IP, które są obsługiwane podczas konfigurowania połączenia.
Unsolicited Support	Wybór metody wysyłania niezamówionych odpowiedzi

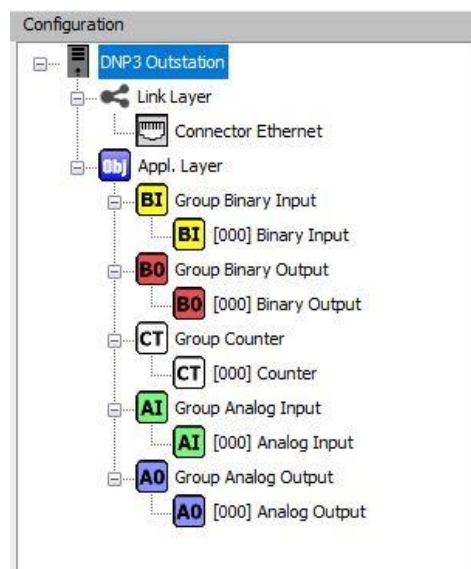
Konfiguracja połączenia:

- W oknie Configuration zaznaczyć Link Layer, a następnie w oknie Selection wybrać Connector Ethernet i kliknij przycisk ">". Wstawiane wartości dla pól połączenia muszą być zgodne z tym, co zostało wprowadzone w sterowniku Ex-MST2 (nie podlega edycji). Dla nowo dodanego elementu ustawiamy następujące właściwości w oknie Features:
  - Outstation addr. – 4,
  - Master connections – 1 Master,
  - Own IP address X1 – 212.182.22.132,
  - Own IP address X2 – 192.168.10.11,
  - Master addr. – 4,
  - Network Protocol – TCP,
  - Port – 4002,
  - IP Filter – włączony,
  - Permissible IP address – 212.182.22.126,
  - Unsolicited Support – Mode A.
  - Pozostałe parametry należy pozostawić w wersji domyślnej.

### 2.3 Application Layer

Obiekty danych, które są zawarte w elemencie Application Layer, tworzą strukturę, zawierającą odpowiednie obiekty informacyjne. Te obiekty informacyjne mogą być dodawane pojedynczo lub wielokrotnie do poszczególnych obiektów w grupie. Konkretnie parametry mogą być zainstalowane lub zmodyfikowane dla każdego obiektu grupy i dla każdego odpowiedniego obiektu informacyjnego.

Do elementów Application Layer należą: Group Binary Input, Group Binary Output, Group Counter, Group Analog Input oraz Group Analog Output.



Rys. 2.3 Widok elementów warstwy Application Layer

Element Binary Input standardowo obsługuje 8 bitów, czyli 8 wejść dwustanowych.



**Features**

---

Binary Input

Index

Data point name

Description

---

Binary Input      [01] Static       [02] Event

---

Status Bit

ONLINE        RESTART

COMM\_LOST        REMOTE\_FORCED

LOCAL\_FORCED        CHATTER\_FILTER

*Rys. 2.4. Widok nastaw dla elementu Binary Input*

*Tabela 3. Opis funkcji elementu Binary Input*

Funkcja	Opis
Event	Klasa zdarzenia jest wybierana zgodnie z DNP3. Zdarzenie jest generowane, gdy na wejściach jest inny sygnał, i zdarzenie to jest zapisywane w buforze zdarzeń z jego klasą zdarzeń. Wydarzenia zawsze są przesyłane i przechowywane z zapisem czasu.
Create autom.	Jeśli to pole wyboru jest zaznaczone, podana zmienna zostanie utworzona automatycznie w <i>Global Variables</i> .
Status Bit	Tutaj należy wpisać nazwę zmiennej albo adres wejścia/wyjścia, który jest używany jako źródło sygnału.
Data point name	Te ustawienia nie mają wpływu na funkcjonalność stacji. Są one przechowywane w pliku profilu urządzenia DNP3 i mogą być przetwarzane innymi systemami.
Description	

Element Binary Output obsługuje jedno wejście dwustanowe o parametrach opisanych w Tabeli 4.

Binary Output

Index

Data point name

Description

---

Binary Output [10] Static

Binary Output [12] Command

---

Control Model

Variable

---

**Binary Output**

Rys. 2.5. Widok nastaw dla elementu Binary Output

Tabela 4. Opis funkcji elementu Binary Output

Funkcja	Opis
Index	Numer kolejności elementu. Jest tworzony automatycznie.
Data point name	Te ustawienia nie mają wpływu na funkcjonalność stacji. Są one przechowywane w pliku profilu urządzenia DNP3 i mogą być przetwarzane innymi systemami.
Description	
Static	To pole wyboru jest zaznaczone stale i wskazuje, że główna stacja może żądać aktualnego stanu w każdej chwili.
Command	To pole wyboru jest zaznaczone stale i wskazuje, że są obsługiwane polecenia sterujące wyjściami.
Control Model	Do wyboru są dwa modele zarządzania zgodnie z DNP3: <b>Aktiwation model</b> – impulsowe sterowanie. <b>Complementary latch model</b> – strona główna, stacja włącza lub wyłącza wyjście cyfrowe w określony sposób.
Variable	Tutaj należy wpisać nazwę zmiennej albo adres wyjścia.

Element Counter: istnieją dwa różne typy liczników dla DNP3: 32- i 16-bitowe liczniki. Dla każdego typu licznika istnieją pewne opcje funkcjonalne, opisane w Tabeli 5.

Features

Counter

Index:

Data point name:

Description:

---

Counter: [20] Static  [22] Event:

Frozen Counter: [21] Static

---

Variable:    Retain:

Event Hysteresis:

---

**Type**

Date point type:  
 Edge 32 bit counter: The counter is incremented if the edge is positive.  
 32 bit: External counter variable of type 32  
 16 bit: External counter variable of type 16 bit

Rys. 2.6. Widok nastaw dla elementu Counter

Tabela 5. Opis funkcji elementu Counter

Funkcja	Opis
Index	Numer kolejności elementu. Tworzony jest automatycznie.
Data point name	Te ustawienia nie mają wpływu na funkcjonalność stacji. Są one przechowywane w pliku profilu urządzenia DNP3 i mogą być przetwarzane w innych systemach.
Description	
Event	Klasa zdarzenia jest wybierana zgodnie z DNP3. Jak tylko wartość licznika przekroczy histerezę zdarzenia, wartość licznika będzie zapisywana z wraz klasą zdarzenia w buforze zdarzeń i może być wysyłana asynchronicznie.
Variable	Tutaj należy wpisać nazwę zmiennej. Przy wyborze Edge (32 Bit Counter) będzie wykorzystana zmienna typu BOOL, 32 Bit – zmienna typu Integer, 16 Bit – zmienna typu DoubleInteger.
Retain	Jeśli to pole wyboru, jeśli jest zaznaczone, to licznik zachowa wartości po ponownym uruchomieniu. Jeśli to pole wyboru nie jest zaznaczone, wartość licznika jest ustawiona na 0 po włączeniu urządzenia.

Element Analog Input standardowo obsługuje tylko 1 wejście, o parametrach opisanych w Tabela 6.

**Features**

---

Analog Input

Index:

Data point name:

Description:

---

Analog Input: [30] Static  [32] Event  No Event

---

Variable:   32 Bit

Event Hysteresis:

---

Phys. In:

DNP3 Value Min.:  DNP3 Value Max.:

Phys. Input Min.:  Phys. Input Max.:

Scaling:

---

**Analog Input**

Rys. 2.7. Widok nastaw dla elementu Analog Input

Tabela 6. Opis funkcji elementu Analog Input

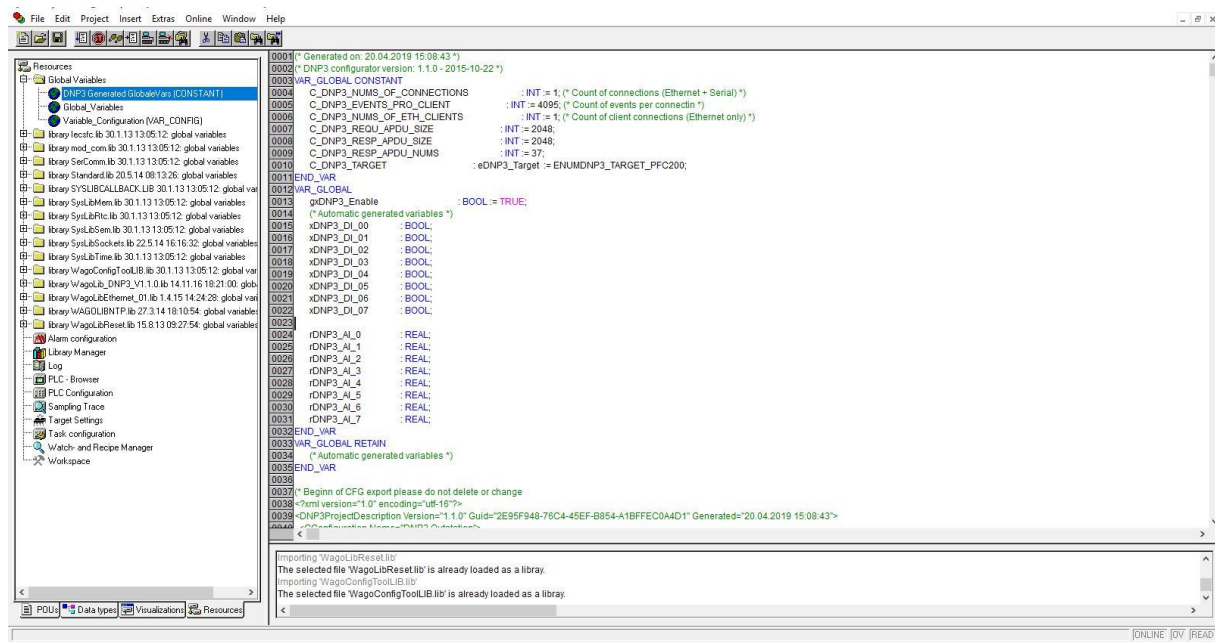
<b>Funkcja</b>	<b>Opis</b>
Index	Numer kolejności elementu. Jest tworzony automatycznie.
Data point name	Te ustawienia nie mają wpływu na funkcjonalność stacji. Są one przechowywane w pliku profilu urządzenia DNP3 i mogą być przetwarzane innymi systemami.
Description	
Event	Klasa zdarzenia jest wybierana zgodnie z DNP3. Zdarzenie jest generowane, gdy na wejściach jest inny sygnał, i to zdarzenie jest zapisywane w buforze zdarzeń z jego klasą zdarzeń. Zdarzenia zawsze są przesyłane i przechowywane z zapisem czasu.
Variable	Tutaj należy wpisać nazwę zmiennej albo adres wejścia.
Event Hysteresis	To pole wyboru jest dostępne tylko wtedy, gdy analogowemu wyjściu przypisano klasę zdarzeń. Wartość razem z klasą zdarzeń zapisywano w buforze zdarzeń po przekroczeniu ustawionej wartości.
Phys. In	Włącza blok dodatkowych nastaw.
DNP3 Value Min.	Wskazuje odpowiadającą minimalną wartość
DNP3 Value Max	Wskazuje odpowiadającą maksymalną wartość
Phys. Input Min	Tutaj podane są wartości wejściowe odpowiadające minimalnej wartości sygnału.
Phys. Input Max	Tutaj podane są wartość wejściowe odpowiadającą maksymalnej wartości sygnału.

Scaling	Przesunięcie i współczynnik konwersji, które obliczone są z wartości wejściowych dla " DNP Value Min./Max." i "DNP Value Min./Max."
---------	---

#### Konfiguracja warstwy aplikacji

- W oknie Configuration należy dla warstwy aplikacji zaznaczyć kolejno elementy Group Binary Input, Group Binary Output, Group Analog Input i do każdej z nich dodać po cztery odpowiadające im obiekty danych.
- W obszarze Configuration należy wybrać obiekt Group Binary Input oraz Binary Input, a następnie wprowadzić kolejno następujące ustawienia w obszarze „Features”:
  - Dla elementu Status bit należy wyrazić zgodę na automatyczne dekladowanie zmiennych (element .
  - Wprowadź dowolną nazwę zmiennej. Na przykład: xDNP3\_DI\_00, co znaczy: x – zmienna typu BOOL, DNP3 – nazwa protokołu, DI (Digital Input) – wejście binarne, 00 - numer bitu/wejścia.
  - Pozostałe opcje pozostawić domyślne.
  - Operacje należy powtórzyć dla każdego obiektu Binary Input modyfikując nazwę zmiennej
- Dla każdego wyjścia binarnego należy dodać oddzielne elementy typu Binary Output, które się znajdują się w Group Binary Output. Należy ustawić następujące parametry
  - Variable - Nazwa zmiennej może być tworzona podobnie dla wejść binarnych – xDNP3\_BO\_00.
  - Pozostałe parametry pozostawić domyślne.
- Dla każdego wejścia analogowego należy dodać oddzielne elementy typu Analog Input, które się znajdują się w Group Analog Input. Należy ustawić następujące parametry
  - Variable - Nazwa zmiennej może być tworzona podobnie dla wejść binarnych – rDNP3\_AI\_00.
  - Typ zmiennej – ustawić jako Float.
  - Pozostałe parametry pozostawić domyślne.

### 3 URUCHOMIENIE APLIKACJI STEROWNIKA I TEST KOMUNIKACJI



Rys. 3.1. CoDeSys, okno z wygenerowanymi zmiennymi globalnymi dla DNP3

- Dalsza część ćwiczenia to przypisanie sygnałów do wygenerowanych zmiennych globalnych dla DNP3 w programie głównym sterownika PLC. Wszystkie nowe zmienne są zapisane jako Wartości Globalne (Global Variables), które znajdują się w Resources > Global Variables > DNP3 Generated GlobalVars. W celu ich przypisania należy wykonać następujące czynności:
- Aby powiązać komunikat DNP3 z programem do sterowania należy otworzyć POU's > PLC\_PRG(RPG) w obszarze roboczym programu głównego wpisać:
  - Przypisanie do zmiennej protokołu DNP3 dla Binary Input i Analog Input zmiennej systemowej odpowiadającej sygnałom dostarczonym do sterownika ze środowiska LabView.
  - Przykład przypisania: xDNP3\_DI\_00:=Zmienna\_systemowa;
  - Przypisanie do zmiennej lokalnej lub systemowej zmiennej protokołu DNP3 dla Binary Output.
- 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.
- Po stronie sterownika Ex\_MST2 uruchomić terminal TeraTerm, na konsoli terminala wpisać polecenie evt i obserwować nadchodzące zdarzenia.
- W programie Symulator dokonać zmian wartości binarnych i analogowych dostarczanych do sterownika PLC.