

POLITECHNIKA LUBELSKA

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Laboratorium: Teletechnika w elektroenergetyce

Diagnostyka sterowników komunikacyjnych

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie budowy i funkcji realizowanych przez sterowniki polowe i stacyjne. W ramach ćwiczenia student zapozna się z konfiguracją urządzenia fizycznego, jego modułami oraz z metodami wymiany danych pomiędzy elementami. Wykonanie ćwiczenia pozwoli na zdobycie umiejętności wykonywania diagnostyki sterownika.

1. Sterownik Ex-MST2

Do realizacji ćwiczenia wykorzystane zostaną sterowniki dostępne w laboratorium, są to Ex-MST2 oraz Ex-micro2_w. Jako źródło sygnałów analogowych i binarnych wykorzystane będą przekaźniki EAZ oraz model sieci.

1.1 Budowa sterownika (na przykładzie Ex-MST2)

Sterownik Ex-MST2 jest przeznaczony do obsługi dużych obiektów energetycznych, może pracować jako stacja telemechaniki lub koncentrator. Sterownik ma modułową, wieloprocessorową budowę o otwartej strukturze, opartej na standardzie VME. Poszczególne bloki funkcjonalne tworzące sterownik, obudowane są w kasety systemu Euro 19”.

Kaseta komputera – wyposażona jest w moduły, odpowiedzialne za realizowanie poszczególnych zadań sterownika. Za zarządzanie całością odpowiada jeden moduł nadrzędny (MASTER), który w zależności od wykonania, ma do 7 kanałów szeregowych, kanał CAN, kanał ETHERNET 100 MB, nieulotną pamięć służącą do przechowywania „bazy danych” – miejsca składowania informacji pochodzących z wszystkich modułów oraz kanałów komunikacyjnych.

Budowa sterownika pozwala także na dołączenie modułów podrzędnych (SLAVE), które są wyspecjalizowane do realizacji konkretnych zadań, przez co zwiększają funkcjonalność urządzenia, zaliczają się do nich:

- MST2BIN – obsługa kasety wejść i wyjść binarnych i analogowych, realizujących funkcje takie jak: sterowanie, sygnalizację i pomiary,
- MST2LON – moduł ten pozwala na dołączenie urządzeń korzystających z magistrali LON, takich jak sterowniki Ex-ML,
- MST2COM – moduł ten powiększa ilość kanałów komunikacyjnych o 8 lub 16.

Podsystem analogowy – W skład podsystemu analogowego wchodzi moduły analogowe różnego typu, do których należą:

- moduły pomiarowe: zmiennoprądowe - mierzą sygnały przemienne dochodzące z przekładników prądowych i napięciowych; stałoprądowe – mierzą sygnały przychodzące z przetworników wielkości nieelektrycznych i elektrycznych, np. temperatura,
- moduł wyjść stałoprądowych – umożliwia wpływanie na urządzenia zewnętrzne, wykorzystując źródła prądu stałego.

Podsystem sygnalizacyjny i sterujący – Składa się z podsystemu wejść (sygnalizacja) i wyjść (sterowanie). Moduł wejść służy do odczytu sygnałów i ich rejestrację. Z kolei podsystem wyjść wytwarza sygnały, za pomocą, których, możliwe jest oddziaływanie na nadzorowany obiekt.

Podsystem łącznościowy – Cechą charakterystyczną podsystemu łącznościowego jest duża elastyczność konfiguracji, którą zapewniają tzw. „panele przyłączeniowe”. Ich zadaniem jest dopasowanie dwóch kanałów do tego samego standardu, np.: RS232, RS485, światłowód szklany lub plastikowy, pętla prądowa.

1.2 Podstawowe funkcje i zastosowanie

Sterownik Ex-MST2 dzięki dużej ilości realizowanych funkcji może znaleźć różne zastosowanie w zależności od potrzeb, do których można zaliczyć (zestawienie na podstawie danych producenta):

➤ **telemechanika:**

- monitorowanie stanu sygnalizacji dwustanowej i sygnałów analogowych (pomiar),
- wpływanie na obiekt poprzez przekazywanie sygnałów sterowniczych z centrów nadzoru,
- realizacja automatyk programowalnych,
- wielokanałowa współpraca ze zdalnymi systemami nadzoru w protokołach DNP 3.0, IED 61850 lub MST,

➤ **lokalne centrum diagnostyki pola:**

- nadzór nad miejscowym rezerwowym systemem wizualizacji i sterowania aparaturą pola,
- obsługa wyświetlaczy diagnostycznych pozwalających na ciągły podgląd wybranych parametrów obiektu,
- współpraca z aparaturą pola na drodze informatycznej lub analogowej,
- realizacja blokad logicznych,

➤ **koncentrator łączności:**

- współpraca z zabezpieczeniami polowymi w różnych protokołach, np. IED 61850,
- współpraca z urządzeniami stacyjnymi w standardowych protokołach łączności np. DNP 3.0, IED 61850, IEC 60870-5-103, SPA, LON, CAN, TCP/IP, BEL, MST,
- współpraca z elektronicznymi wzorcami czasu,
- obsługa technologii GPS w wariantach GARMIN,
- praca jako konwerter protokołów.

1.3 Konfiguracja sterownika

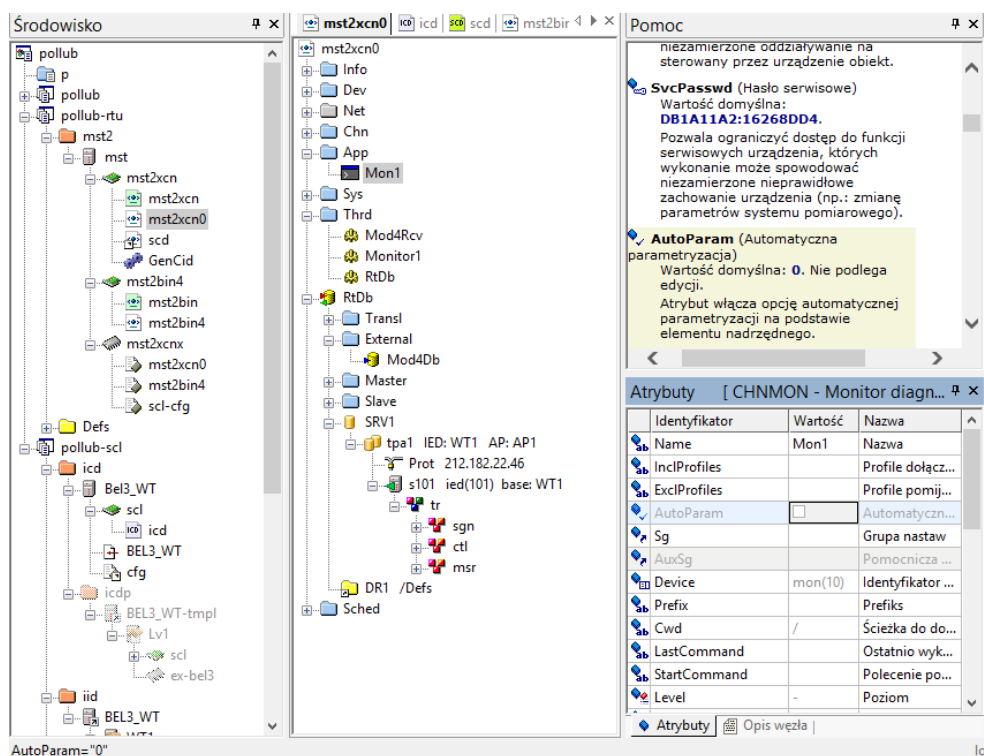
Sterownik po włączeniu buduje w swojej pamięci drzewo obiektów, zgodne z tym, co zostało określone w jego konfiguracji. Narzędziem pozwalającym na tworzenie i modyfikowanie konfiguracji dla sterowników Ex-micro2 i Ex-MST2 jest edytor konfiguracji Excfged, którego wygląd ukazano na Rys. 1.1. W oknie po lewej stronie, nazwanym Środowisko, wybiera się część projektu, która wyświetlana jest w oknie głównym znajdującym się na środku ekranu, jak można zauważyć budowa ma charakter hierarchiczny. Poznanie struktury drzewa obiektów ułatwia poruszanie się po nim. Pozostałe okna to okno pomocy oraz okno atrybutów.

Każdy sterownik ma indywidualnie sporządzoną konfigurację, która pozwala użytkownikowi na najlepsze wykorzystanie możliwości urządzenia. Konfiguracja urządzenia polega zatem na:

- doborze elementów składowych (sprzętowych i programowych),
- określeniu ich właściwości,

- dostosowaniu poprzez konfigurację programową do danego obiektu.

Możliwe jest także określenie sposobów korzystania z bazy danych oraz zdefiniowanie zadań, które mają zostać wykonane. Przeprowadzenie udanej diagnostyki wymaga zapoznania się z ustawieniami danego sterownika. Narzędziem używanym do przygotowania konfiguracji jest edytor Ex-CfgEd. Wyróżnia się dwa rodzaje konfiguracji podstawową – dostarczoną przez producenta i główną – określoną przez użytkownika. Konfiguracja zawiera także opis powiązań pomiędzy modułami.



Rys. 1.1 Okna Edytora Konfiguracji

1.4 Monitor diagnostyczny

Podstawowym sposobem diagnostyki sterowników jest korzystanie z wbudowanego oprogramowania zwanego monitorem, pozwala ono na kontrolę:

- sprawności urządzenia,
- wpływanie na działanie urządzenia,
- poprawności konfiguracji i jej zmiana,
- działania poszczególnych podsystemów.

Monitor diagnostyczny to standardowa aplikacja, będąca częścią systemu WindEx. Dostęp do monitora zapewnia terminal znaków ANSI, taki jak TeraTerm. Obsługa tego programu odbywa się z użyciem poleceń wpisywanych tekstowo.

2. Diagnostyka sterownika

2.1 Sprawdzenie działania poleceń monitora

Po uruchomieniu programu TeraTerm należy wydać, choć jedno polecenie, może to być wciśnięcie klawisza ENTER, czyli polecenie „puste”, a monitor zgłosi gotowość do działania i ekranie pojawia się znak „/>”, nazywany znakiem zachęty, zostało to przedstawione na rys poniżej.

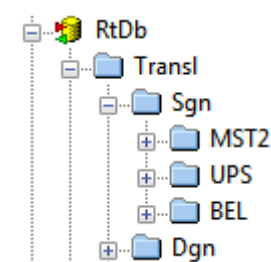
```
Internal Monitor (C) Elkomtech  
/>
```

Rys. 2.1 Znak zachęty monitora diagnostycznego

Podczas korzystania z monitora możliwe jest wskazanie, dla którego elementu ma odnosić się wydawane polecenie. Główny element katalogu jest obiekt NAMESPACE, który określa przestrzeń nazw dla danego modułu, zastępuje się go samym ukośnikiem (nazwa pusta) na początku ścieżki.

Wiele komend wymaga wskazania obiektu, dla którego ma zostać zrealizowana, w przypadku jego braku zostaje zrealizowana w bieżącej lokalizacji. Jeśli wiele poleceń ma zostać wykonanych na danym obiekcie wygodniejsze jest przejście do niego, niż wpisywanie długich komend ze ścieżką obiektu, za każdym razem. Wybranie elementu domyślnego realizuje się za pomocą polecenia `cd`, które zmienia ścieżkę domyślną, od tej pory aktualna lokalizacja zostaje wyświetlana przed znakiem zachęty. Chcąc powrócić do elementu nadrzędnego należy użyć komendy `cd` z parametrem `..`. Przykład takiej operacji ukazano na rysunku poniżej. Zastosowanie komendy `cd /` przenosi nas do katalogu głównego.

```
/> cd rtdb  
/Rtdb> cd transl  
/Rtdb/Transl> cd sgn  
/Rtdb/Transl/sgn> cd ..  
/Rtdb/Transl> cd /  
/>
```

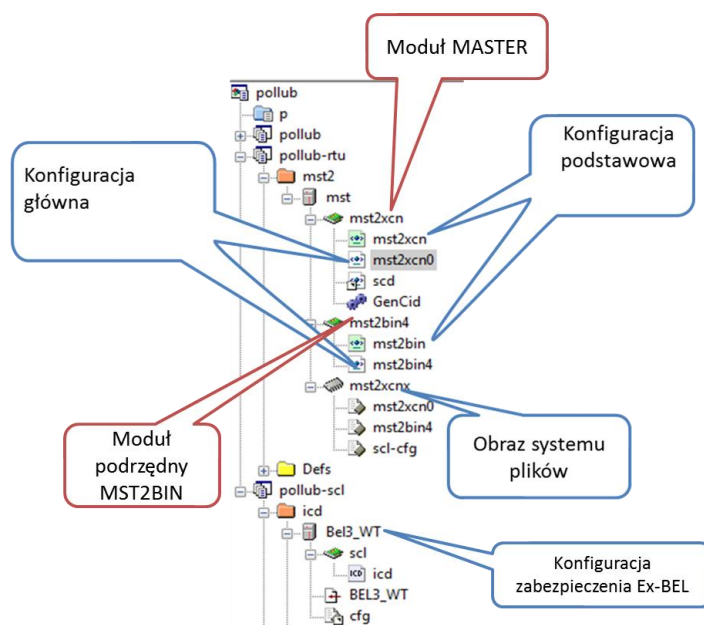


Rys. 2.2 Poruszanie się po katalogu obiektów za pomocą polecenia `cd` oraz odwołanie do konfiguracji

Czyszczenie ekranu odbywa się z wykorzystaniem komend **clear** lub **cls**, bez używania dodatkowych parametrów. Działanie obu funkcji jest identyczne i ich wydanie powoduje wyczyszczenie ekranu i przeniesienia kursora w lewy górny róg.

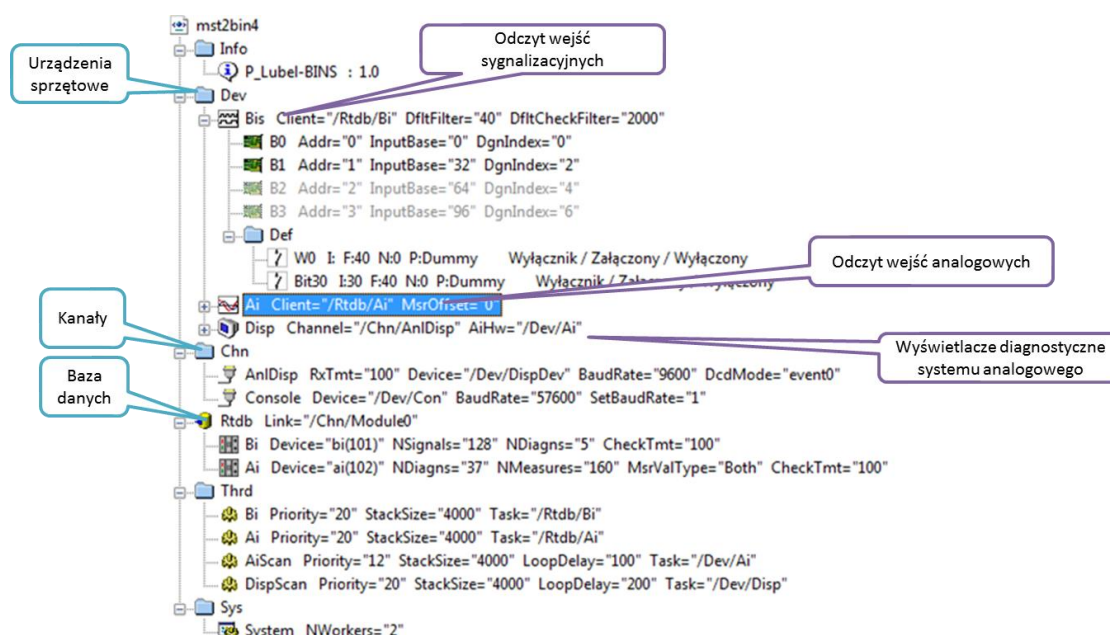
2.2 Identyfikacja sygnałów pomiarowych

Strukturę urządzenia określoną w edytorze konfiguracji dla badanego sterownika pokazano na Rys. 2.3. Można na niej zauważyć, że ze sterownikiem MST2 współpracuje zabezpieczenie Ex-BEL_WT, przy wykorzystaniu standardu IEC 61850, w konfiguracji zapisany pod nazwą Bel3_WT.



Rys. 2.3 Struktura konfiguracji sterownika

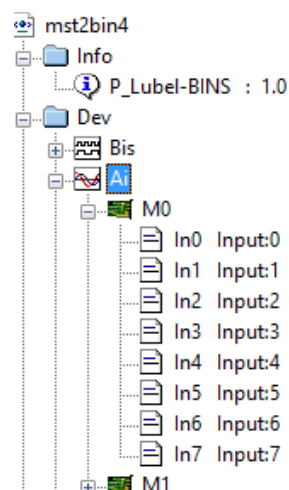
Sygnały doprowadzone są do sterownika przez kasetę wejść/wyjść binarnych i analogowych, realizujących funkcje takie jak: sterowanie, sygnalizację i pomiary.



Rys. 2.4 Konfiguracja główna modułu MST2BIN

Odpowiedzialny za obsługę tej kasety jest moduł MST2BIN, którego konfigurację główną przedstawiono na Rys. 2.4.

Lokalizację pojedynczego wejścia pomiarowego w drzewie konfiguracyjnym pokazano na rysunku poniżej.



Rys. 2.5 Pojedyncze wejście pomiarowe

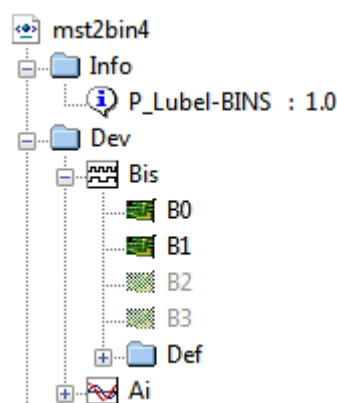
2.3 Sprawdzenie sygnałów za pomocą monitora diagnostycznego

Aby sprawdzić wartość sygnałów na module pomiarowym sterownika, należy na początek przejść do tego modułu obsługującego te wejścia. Można to zrobić za pomocą polecenia *mod*, jako parametr tego polecenia wpisuje się numer modułu, który musi odpowiadać numerowi ustawionemu przełącznikiem obrotowym płyty procesora odpowiedniego modułu, dla modułu

wejść binarnych to 4. Podanie polecenia bez parametru powoduje, powrót do modułu głównego.

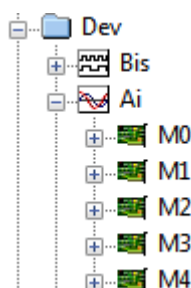
Używając polecenia *cd* przechodzimy do interesującego nas miejsca w drzewie konfiguracyjnym. W celu sprawdzenia wejść binarnych należy przejść do modułu MST2BIN, następnie odszukać moduł obsługującego te wejścia, jak widać będzie to *Dev/Bis* i wybrać polecenie *d*.

```
/> mod 4
switched to module 4
Bin4:/> cd dev/bis/b0
Bin4:/Dev/Bis/B0> d
Adres : 0
Modul : TGCxxx
Dgn 0 : 0 - modul obecny
Dgn 1 : 0 - modul sprawny
```



Rys. 2.6 Diagnostyka wejść binarnych wraz z odwołaniem do konfiguracji

Położenie wejść analogowych w drzewie obiektów przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 2.7 Lokalizacja wejść analogowych w drzewie konfiguracyjnym

2.4 Sprawdzenie obsługiwanych protokołów

Przesyłanie danych pomiędzy urządzeniami wejściowymi i wyjściowymi odbywa się za pomocą protokołów. Monitor diagnostyczny pozwala na sprawdzenie stanu podłączonych urządzeń.

Po powrocie do modułu MASTER, należy przejść do bazy danych (*RtDb*), następnie wpisać polecenie *d . ai(*) dng 0*, które pozwoli sprawdzić czy jakieś urządzenie z wyjściami pomiarowymi jest podłączone. Składa się z typu i numeru urządzenia, np.: *ai(102)*, *bi(*)*. W miejscu numeru urządzenia można użyć symbolu *'*'* oznaczającego wszystkie urządzenia w ramach typu, np.: *ai(*)*. Komenda *dgn 0* – czyli diagnostyka zerowa, mówi o prawidłowej komunikacji.

```

Bin4:/> mod 0
switched to module 0
/> cd rtdb
/Rtdb> d . ai(*) dng 0

Slave devices: (1)
ai(102)      Alive

```

Rys. 2.8 Diagnostyka zerowa wejść analogowych

Program zwraca informacje czy dane urządzenie jest podłączone (Alive/Dead), ilości urządzeń, czy jest to urządzenie nadrzędne czy podrzędne (MASTER/SLAVE) oraz podaje jego numer (*ai(102)*).

Następnie za pomocą polecenia *d . ai(102) msr 0 30* sprawdzamy wartości mierzone dochodzące od konkretnego urządzenia. Polecenie *msr* oznacza typ danych źródłowych. Dane sygnalizacyjne to *sgn*. Liczby 0 i 30 oznaczają ilość wyświetlanych danych.

```

/Rtdb> d . ai(102) msr 0 30
ai(102)  msr (noinitvc)
0.      1  0401  .. .. .. .. .. VS .. .. .. .. .. ol
1.      0  0401  .. .. .. .. .. VS .. .. .. .. .. ol
2.      1  0401  .. .. .. .. .. VS .. .. .. .. .. ol
3.      0  0401  .. .. .. .. .. VS .. .. .. .. .. ol

```

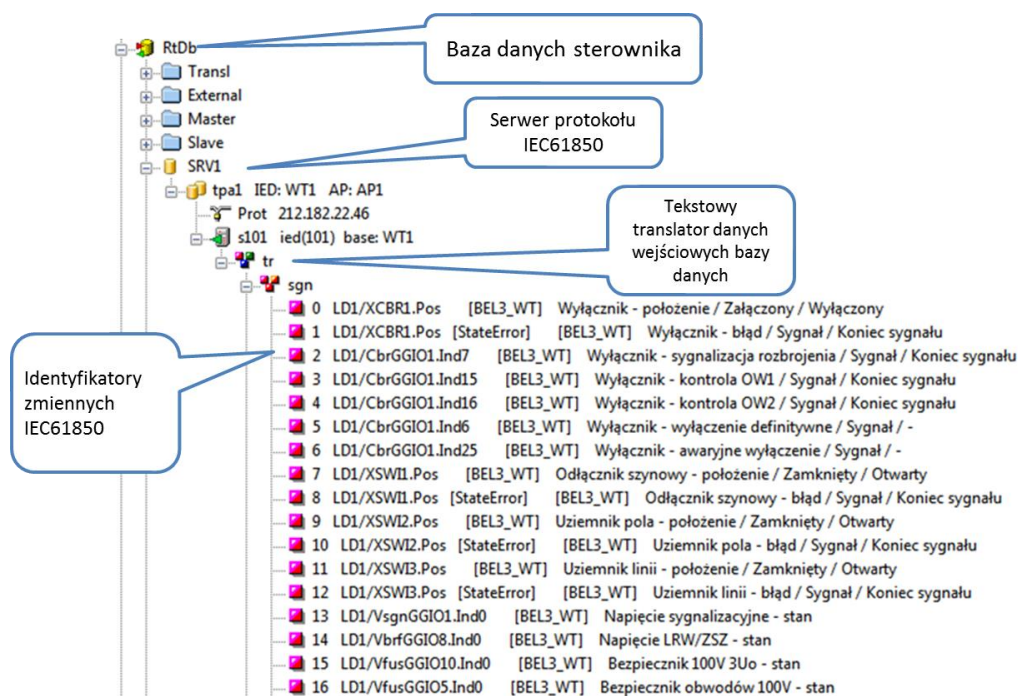
Rys. 2.9 Sprawdzenie wielkości pomiarowych dochodzących z urządzenia ai(102)

Za pomocą polecenia *rep* można wywołać sprawdzanie żądanych wielkości co jakiś określony czas np. *rep 1s d . dnp(300) dgn 0*, wpisane w lokalizacji */Rtdb>*, powoduje sprawdzenie poprawności komunikacji, co 1s.

2.5 Sprawdzenie bazy danych

Odczytane dane zostają poddane translacji i zapisane w bazie danych. Wybrany przez użytkownika translator opisuje sposób przekształcania zakresu poleceń urządzenia nadrzędnego na zakres poleceń urządzenia podrzędnego. W konfiguracji określono m.in.: typ urządzenia źródłowego, typ danych docierających do translatora, wyznaczyć urządzenie, dla którego zostają wyliczone dane, wraz z podaniem protokołu, który obsługuje.

Podłączone do sterownika zabezpieczenie Ex-BEL_WT wykorzystuje standard IEC 61850. W konfiguracji opisano dane przekazywane przez to urządzenie do bazy danych, co przedstawia Rys. 2.10.



Rys. 2.10 Baza danych sterownika

Z rysunku przedstawionego powyżej widać strukturę drzewa bazy danych. Na początku dane zapisywane są na serwerze protokołu IEC 61850, gdzie ustawia się m.in.: listę monitorowanych i pomijanych połączeń. W konfiguracji określono urządzenie korzystające ze standardu IEC 61850.

Za pomocą polecenia *cd* należy przejść do ścieżki */RtDb/SRV1/tpa1/s101*. Wcześniej należy pamiętać o powrocie do modułu głównego za pomocą polecenia *mod*. Użycie polecenia *d* powoduje wypisanie można stanu sygnałów docierających od urządzenia, wraz z ich typem i ścieżką elementu w drzewie danych.

Używając monitora diagnostycznego można sprawdzić typy danych docierających do translatora, aby tego dokonać należy przejść do ścieżki */RtDb/SRV1/tpa1/s101/tr* oraz użyć polecenia *d*.

Wykorzystując bazę danych możliwe jest zrealizowanie lokalnego stanowiska HMI, które pozwala na graficzne odwzorowanie topologii sieci i stacji. Za pomocą systemu WindEx zainstalowanemu na stacji dyspozytorskiej można sprawdzić sygnały docierające z poziomu stacji i pola.

3. Realizacja Ćwiczenia

1. Posługując się edytorem **ExCfged** zidentyfikować listę sygnałów oraz sposób powiązania sygnałów rzeczywistych i elementów schematu sieci dla wskazanych przez prowadzącego urządzeń.
2. Za pomocą programu **TeraTerm** sprawdzić następujące polecenia:
 - w pierwszej kolejności należy zapoznać się z pomocą monitora diagnostycznego, którą można wywołać przez wpisanie znaku **?**,
 - należy sprawdzić budowę drzewa obiektów za pomocą poleceń **l** i **lt** oraz porównać ją z przedstawioną w konfiguracji. Następnie przećwiczyć poruszanie się po drzewie obiektów za pomocą komendy **cd**. Patrz rozdział 2.1.
3. Przeprowadzić analizę stanu wejść dochodzących do modułu MST2BIN, analogicznie jak w rozdziale 2.3. Należy sprawdzić **wejścia binarne i analogowe**.
4. Sprawdzić stan urządzeń oraz dane wymieniane w określonych protokołach pomiędzy urządzeniami analogicznie jak w rozdziale 2.4. Należy sprawdzić protokoły:
 - **bi** – urządzenie z wejściami sygnalizacyjnymi (**sng 0 30**)
 - **gps** – odbiornik GPS (źródło czasu) (**dgn 0**)
 - **dnp** – sterownik nadrzędny z protokołem DNP3 (**dgn 0**)
 - **dnp** – sterownik podrzędny z protokołem DNP3 (**msr 0 30**)
 - **ied** – inteligentne urządzenie elektroniczne (**sgn 0 30**, **ctl 0 10** i **fmsr 0 10**)
5. Sprawdzić działanie polecenia **rep**, dla wejść analogowych i dochodzących z urządzeń z protokołem DNP3, przykład takiej operacji w rozdziale 2.4.
6. Przeprowadzić diagnostykę bazy danych jak w rozdziale 2.5.
7. Sprawdzić listę błędów na poziomie **tpa1** używając polecenia **d . dgc**.
8. W drzewie obiektów należy odnaleźć obiekty **module4**, **mon** i **gps1** i sprawdzić dla nich rezultaty dla komend **la**, **lp**, **lv** i **ls**. Można to zrealizować wpisując polecenie i ścieżkę do niego (np. **ls /dev/con**) lub przejść do szukanej ścieżki za pomocą polecenia **cd** i wpisać komendę bez żadnych parametrów.
9. Sprawdzenie systemu operacyjnego:
 - porównać wyniki otrzymane dla poleceń **evt** i **log**. Sprawdzić rezultaty dla komendy **lev** z parametrem ***** lub **!**,
 - czas w systemie operacyjnym sterownika za pomocą poleceń **time** i **xtime**,
 - system kontroli watchdog za pomocą polecenia **wtd**,

- polecenie **sar** – komenda ta powoduje test aktywności systemu z różnymi parametrami np. **sar 1 6**.