



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI
I INFORMATYKI

Laboratorium: Teletechnika w elektroenergetyce

Sterowanie i konfiguracja zabezpieczenia Ex_BEL, rejestracja zakłóceń

Robert Jędrychowski

Data modyfikacji: 19 października 2022

Cel laboratorium:

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów ze standardem zapisu informacji o przebiegu zakłóceń w systemie elektroenergetycznym, sposobami rejestracji zakłóceń oraz aplikacjami przeznaczonymi do analizy zakłóceń.

Zakres tematyczny zajęć:

- Zapoznanie się z formatem COMTRADE,
- Zapoznanie się z możliwościami przekaźnika zabezpieczeniowego w zakresie rejestracji zakłóceń,
- Wstępne poznanie możliwości wymuszalnika Omicron oraz aplikacji sterującej jego pracą.
- Zaprezentowanie aplikacji dedykowanych do analizy plików zakłóceń.

Pytania kontrolne:

1. Z jakich plików składa się format COMTRADE?
2. Jak działa mechanizm rejestracji zakłóceń?
3. Jakie informacje zapisywane są w rejestratorze?

1 OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

Przełączniki z rodziny Ex-BEL są uniwersalnym zabezpieczeniem oraz terminalem pola dla linii średniego napięcia (napowietrznej lub kablowej), może również być dedykowane dla linii wyprowadzającej moc z elektrowni wiatrowej. Urządzenie to, oprócz standardowych funkcji zabezpieczeniowych, może wykonywać wiele dodatkowych zadań, takich jak telemetria, telesygnalizacja i telesterowanie, lokalny odczyt pomiarów i stanów łączników, rejestrację zakłóceń i przebiegów wolnozmiennych oraz realizację lokalnych automatyk i blokad.

Sterownik może również pełnić funkcję koncentratora danych dla zewnętrznych urządzeń posługujących się różnorodnymi protokołami komunikacyjnymi. Urządzenie może przetwarzać odczytane dane, w tym może obliczać wartości pomiarów pośrednich. Wszystkie funkcje urządzenia, zarówno związane z automatyką zabezpieczeniową, jak i telemechaniczne podlegają programowej konfiguracji i mogą być łatwo dostosowane do potrzeb użytkownika.

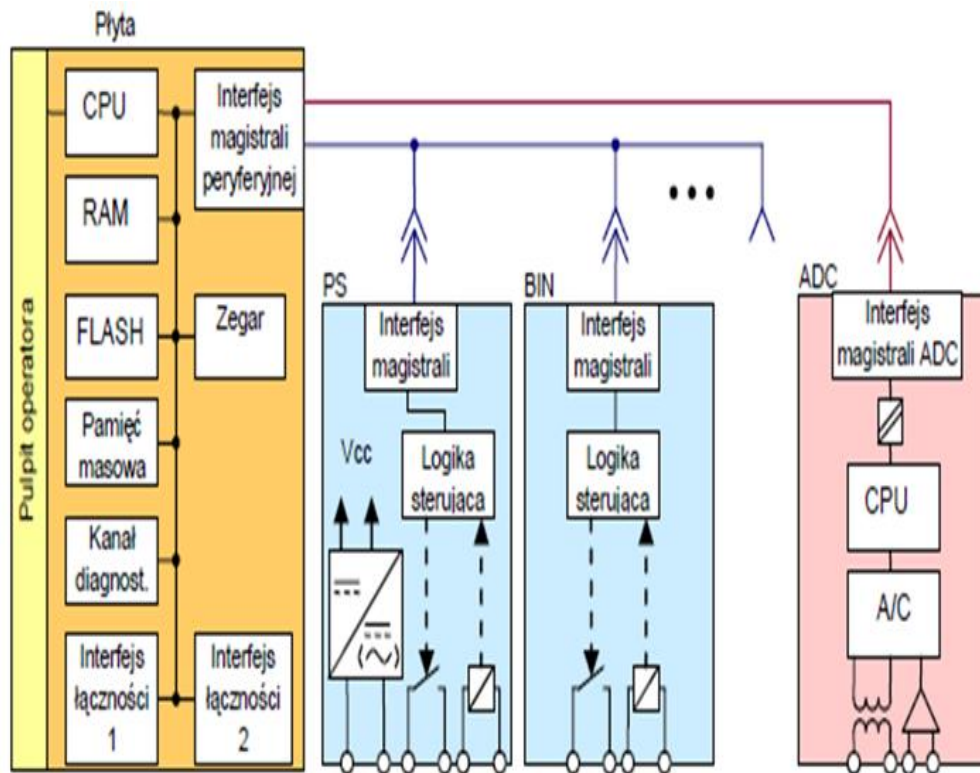
Zabezpieczenie dla farm wiatrowych Ex-BEL_WT pracując jako sterownik obiektowy wyposażony jest w wystarczającą ilość wejść sygnalizacyjnych, pomiarowych i wyjść sterowniczych aby obsłużyć pod względem telemechanicznym małą rozdzielnię przy elektrowni wiatrowej. Dodatkowo urządzenie może współpracować na drodze cyfrowej z licznikami energii posługującymi się protokołami typu IEC1107 oraz DLMS. W tym przypadku sterownik pełni rolę koncentratora danych licznikowych i konwertera protokołów. Zabezpieczenia z rodziny Ex-BEL mogą pracować w polach:

- odpływowym,
- zasilającym (transformatora zasilającego),
- potrzeb własnych – transformatora uziemiającego,
- łącznika szyn,
- pomiaru napięcia,
- baterii kondensatorów,
- silnika asynchronicznego dużej mocy,
- elektrowni wiatrowej.

1.1 Budowa fizyczna zabezpieczenia

Urządzenie jest sterownikiem mikroprocesorowym o budowie modułowej (Rys. 1.1). Do modułu głównego procesora można podłączyć, poprzez wewnętrzną magistralę, różną liczbę modułów peryferyjnych (wejścia-wyjścia, pomiary AC itp.). Ilość i typ modułów peryferyjnych zależy od zamówienia. Aktualnie w produkcji znajdują się moduły:

- PS – moduł zasilacza z obwodami I/O do obsługi wyłącznika (5 sterowań, 8 wejść); sterowania 'otwórz wyłącznik' z kontrolą ciągłości obwodu,
- ADC – moduł pomiarów zmiennoprądowych, 3 prądy fazowe, prąd I0, 3 napięcia, napięcie U0. Opcjonalnie pomiar drugiego prądu I0 i/lub piątego napięcia do kontroli synchronizmu,
- BIN – moduł wejść i wyjść binarnych – 7 wyjść przełącznikowych, 11 wejść dwustanowych,
- BIN2 – moduł wejść binarnych – 26 wejść dwustanowych,
- BIN3 – moduł wyjść przełącznikowych – 15 wyjść.



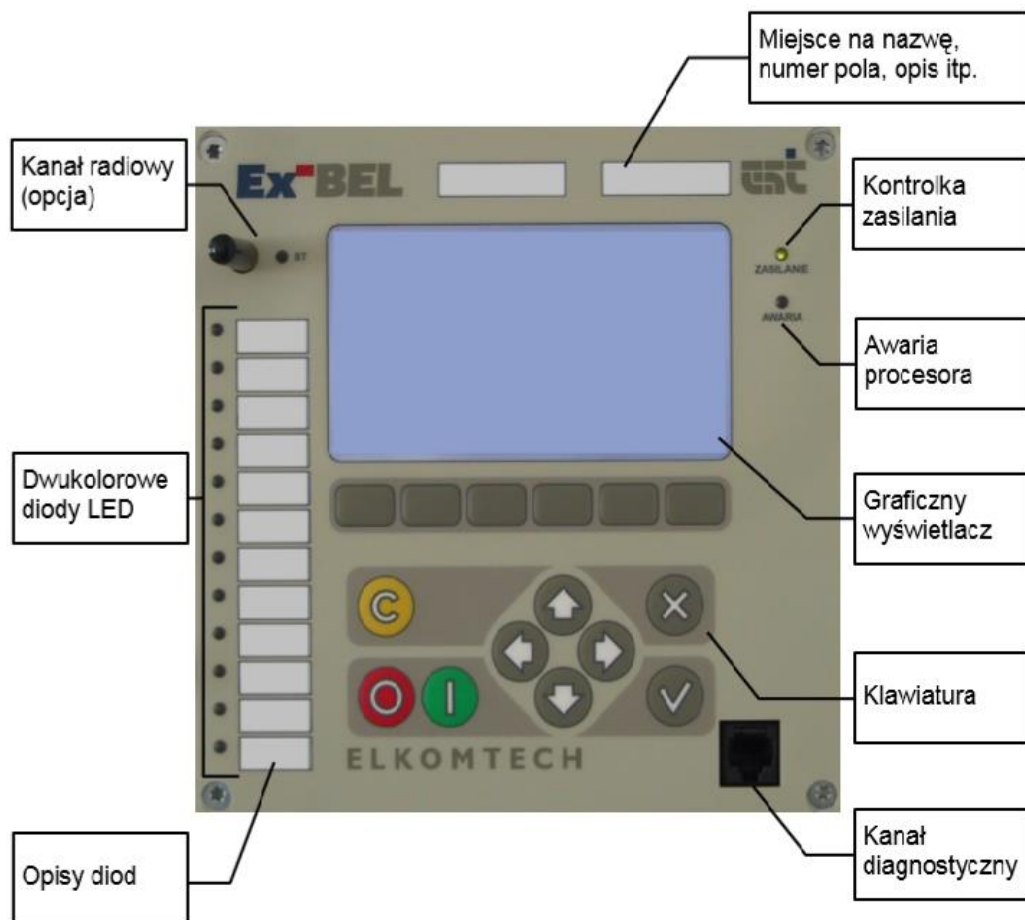
Rys. 1.1. Uproszczony schemat blokowy serownika

Minimalny wymagany zestaw modułów peryferyjnych obejmuje moduł PS i jeden moduł ADC. Do tego zestawu można dodać od jednego do czterech innych modułów peryferyjnych. System I/O, w zależności od zastosowanych modułów, umożliwia:

- obsługę do 26 wyjść i 67 wejść lub 33 wyjść i 52 wejść,
- pomiar 3 prądów fazowych oraz prądu kolejności zerowej (opcjonalnie pomiar drugiego prądu zerowego),
- pomiar 3 napięć fazowych oraz napięcia kolejności zerowej (opcjonalnie pomiar piątego napięcia, kontrola synchronizmu).

1.2 Pulpit operatora

W urządzeniu zastosowano wyświetlacz graficzny (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) (zgodność ze standardem SVG) o rozmiarze 240 x 128 pikseli, który może pracować zarówno w trybie tekstowym jaki i graficznym. Zapewnia on wysoką jakość prezentacji danych przedstawianych za pomocą nielimitowanej ilości i rodzaju symboli graficznych. Projekt ekranu BEL oraz powiązań telemechaniki może być wygenerowany wprost z danych sytemu dyspozytorskiego.



Rys. 1.2 Panel operatora

Oprócz ekranu użytkownik dysponuje dwunastoma diodami sygnalizacyjnymi, za pomocą których, można pokazać stan pobudzenia zabezpieczeń, zadziałania, stan łączności, stan rejestratora, stany blokad, stany automatyk itp. Diody mogą świecić na czerwono, zielono lub żółto, światłem ciągłym lub migającym. Sygnały świetlne mogą być z podtrzymaniem (do momentu skasowania) lub bez podtrzymania.

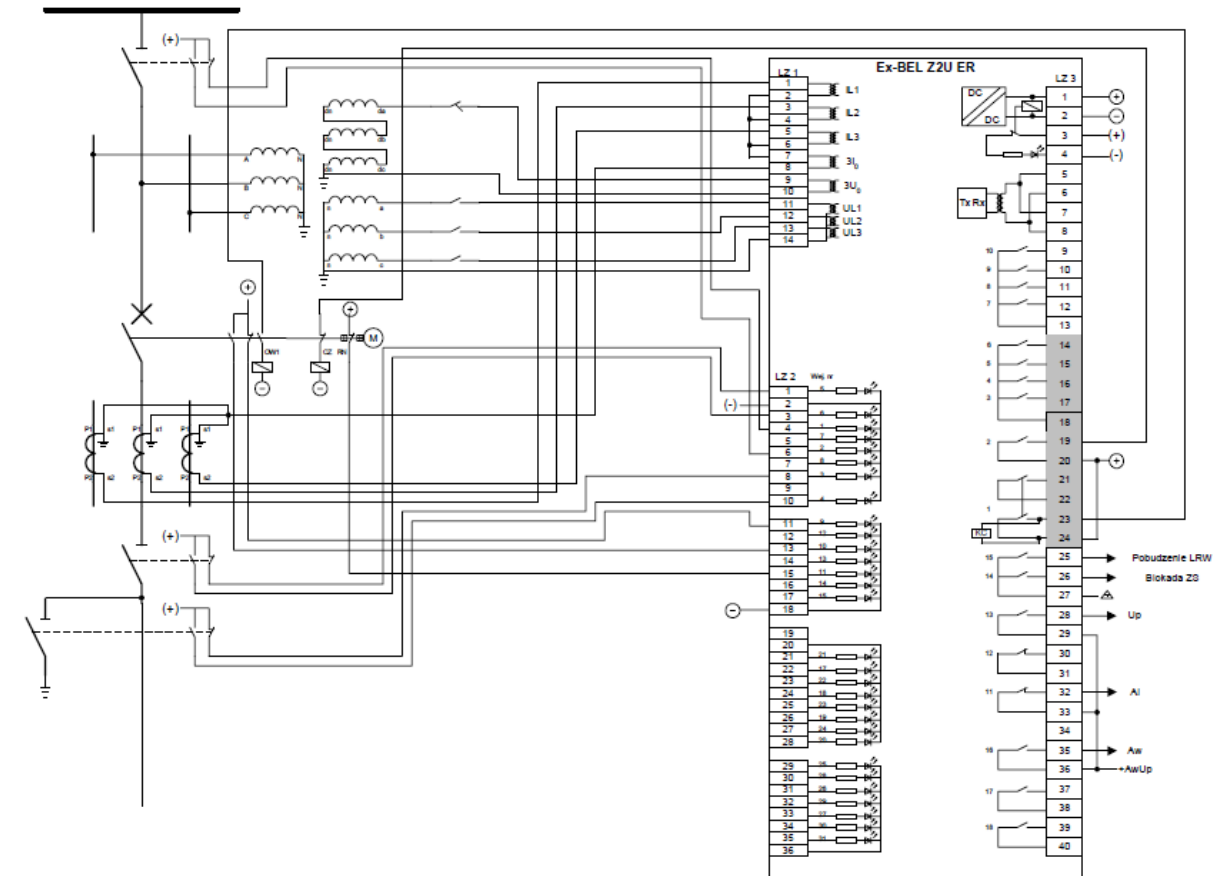
1.3 Funkcje przekaźnika Ex-BEL

Przekaźnik Ex-BEL wyposażony został w szereg funkcji czyniących go zabezpieczeniem uniwersalnym, przystosowanym do zabezpieczania różnych pól obiektów elektroenergetycznych. Zakres ich stosowania zależy potrzeb danego pola. Należą do nich:

1. Podstawowe funkcje zabezpieczeniowe:
 - a. czterostopniowe zabezpieczenie nadprądowe,
 - b. zabezpieczenie nadprądowe zależne na prądach fazowych,
 - c. dwustopniowe zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe,
 - d. zabezpieczenie ziemnozwarciowe kierunkowe,
 - e. zabezpieczenia ziemnozwarciowe:
 - i. admitancyjne,
 - ii. konduktancyjne,
 - iii. susceptancyjne.
 - f. zabezpieczenie nadprądowe kierunkowe na prądach fazowych,
 - g. blokada zabezpieczenia nadprądowego fazowego od drugiej harmonicznej,
 - h. zabezpieczenie podnapięciowe,

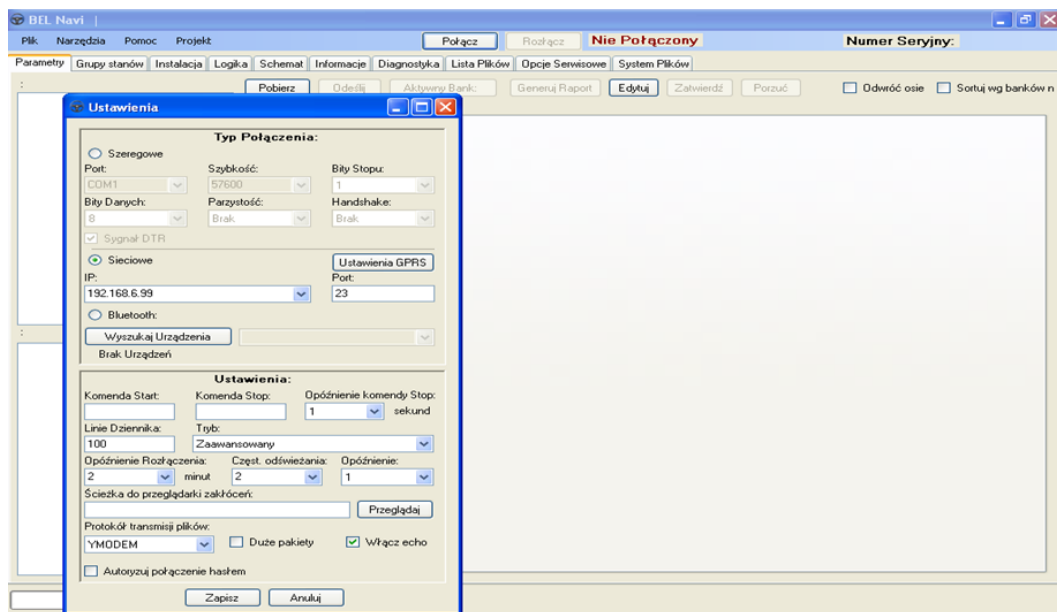
- i. zabezpieczenie nadnapięciowe,
 - j. automatyka LRW,
 - k. zabezpieczenie podczęstotliwościowe,
 - l. zabezpieczenia od tempa zmian częstotliwości (df/dt , $\Delta f/\Delta t$),
 - m. zabezpieczenia od tempa zmiany napięcia (dU/dt , $\Delta U/\Delta t$),
 - n. zabezpieczenie od wartości cosinusa φ ,
 - o. zabezpieczenia od asymetrii (napięcia lub prądu),
 - p. automatyka ZSZ,
 - q. załączanie z kontrolą synchronizmu (ang. Synchrocheck),
 - r. zabezpieczenie kierunkowo-mocowe.
2. Podstawowe funkcje telemechaniki:
- a. zdalne sterowanie dowolnym łącznikiem wyposażonym w odpowiedni napęd,
 - b. wysyłanie w trybie zdarzeniowym zmiany stanu łączników,
 - c. wysyłanie pomiarów prądów, napięć, mocy, energii, częstotliwości także w trybie spontanicznym,
 - d. zdalne odblokowanie i blokowanie funkcji zabezpieczeniowych i automatyk,
 - e. funkcja sterownika nadrzędnego dla urządzeń połączonych do drugiego kanału łączności.
3. Podstawowe funkcje telemechaniki:
- a. zdalne sterowanie dowolnym łącznikiem wyposażonym w odpowiedni napęd,
 - b. wysyłanie w trybie zdarzeniowym zmiany stanu łączników,
 - c. wysyłanie pomiarów prądów, napięć, mocy, energii, częstotliwości także w trybie spontanicznym,
 - d. zdalne odblokowanie i blokowanie funkcji zabezpieczeniowych i automatyk,
 - e. funkcja sterownika nadrzędnego dla urządzeń połączonych do drugiego kanału łączności.
4. Funkcje dodatkowe
- a. programowalne sekwencje,
 - b. moduł programowalnej logiki kombinacyjnej,
 - c. rejestrator zakłóceń,
 - d. rejestrator przebiegów wolnozmiennych (wartości skutecznych, mocy itp.),
 - e. długookresowy rejestrator zdarzeń o pojemności wielu tysięcy rekordów,
 - f. analiza jakości energii,
 - g. pomiary synchroniczne.

Schemat połączeń urządzenia w polu SN jest zaprezentowany na Rys. 1.3.



Rys. 1.3 Schemat połączeń przekaźnika Ex-BEL_WT

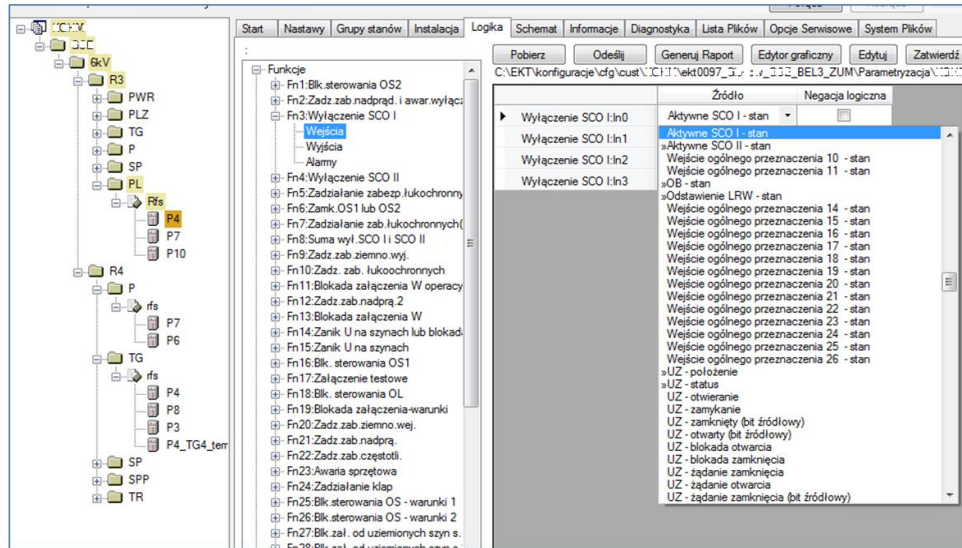
Dla użytkownika końcowego, który obsługuje wstępnie skonfigurowany przekaźnik przeznaczony został program BEL_Navi (Rys. 1.4), okienkowa aplikacja dedykowana do modyfikacji nastaw i do diagnostyki zabezpieczeń.



Rys. 1.4. Program BEL_Navi - okno główne programu

Aplikacja ta pozwala na realizację następujących zadań:

- rozszerzeniu parametryzacji – przeniesieniu wielu dotychczas wkompileowanych na sztywno atrybutów z dziedziny konfiguracji do dziedziny parametryzacji, takich jak przyporządkowanie zacisków, edycja nazw wejść ogólnego przeznaczenia i funkcji logicznych (Rys. 1.4), edycja listy sygnałów wysyłanych do centrum nadzoru, edycja sygnalizacji alarmowej itp.,



Rys. 1.5. Edycja nazw wejść ogólnego przeznaczenia i funkcji logicznych

- wprowadzenie możliwości samodzielnej edycji schematu semigraficznego i ładowania go do urządzenia tak jak plików parametrów,
- rozbudowanie programowalnej logiki – możliwość samodzielnego tworzenia własnych funkcji oraz powiązań między modułami i zaciskami zabezpieczenia,
- przygotowaniu przez producenta kompletu gotowych plików konfiguracji dla wszystkich typów pól w zamówionym wariantcie sprzętowym – możliwość prostej zmiany typu pola poprzez wybór pliku z zestawu (prekonfiguracja),
- wprowadzeniu w programie BEL_Navi wsparcia dla nowego podejścia – możliwość utworzenia tzw. projektu do zarządzania plikami konfiguracjami i parametrami dla całej stacji.

Program daje możliwość całościowego skonfigurowania urządzenia tylko za pomocą okienkowego programu BEL_Navi pracującego w środowisku Windows, bez konieczności posługiwania się Edytorem Konfiguracji.

1.4 Uniwersalny model pola Ex-UMP

Uniwersalny Model Pola Ex-UMP jest programowalnym elementem telemechaniki w zakresie wejść-wyjść binarnych. Symuluje on zachowanie łączników pola w odpowiedzi na sygnały sterujące badanego urządzenia. Możliwe jest też ręczne wymuszenie stanów.

Urządzenie posiada izolowane wejścia sygnalizacyjne i wyjścia typu styk (przełącznik). Zależności pomiędzy wejściami i wyjściami realizuje program na komputerze PC poprzez port USB. Przyporządkowanie zacisków do wejść i wyjść jest zaprogramowane w pliku XML. Możliwa jest symulacja łączników jedno- i dwubitowych. Łącznik jednobitowy to para zacisków realizująca przepisanie stanu wejścia na wyjście. Stan wyjścia zmienia się bezzwłocznie po zmianie stanu wejścia. Łącznik dwubitowy posiada dwie pary zacisków. Zaciski wejściowe realizują sterowania impulsowe załącz/wyłącz. Para zacisków wyjściowych obrazuje stan łącznika w postaci prostej i zanegowanej. Zmiana stanu wyjść następuje z etapem

pośrednim, kiedy oba są wyłączone. Czas trwania tego etapu oraz typ łącznika jest programowany w pliku konfiguracyjnym (XML). Możliwe jest też przyporządkowanie dowolnych zacisków wejściowych i wyjściowych do łącznika. Budowa fizyczna zabezpieczenia

Urządzenie składa się z elementów kasety peryferyjnej sterownika Ex-MST2 i modułu USB. Wykorzystane są moduły: sygnalizacyjne impulsowe (BI) - TGCA, sterujące z wyjściami indywidualnymi (BO) - TRCB, magistrala czteropozycyjna TMKB z selektorem. Całość sterowana jest z modułu USB – FT2232_MM. Obudowę stanowi kasecja 4U zawierająca zasilacz części cyfrowej. Napięcie sygnalizacyjne i sterownicze podawane jest z zewnątrz. Ex-UMP_4x ma jedną magistralę, jeden moduł BI i dwa moduły BO. Łącznie to 32 wejścia i 32 wyjścia.

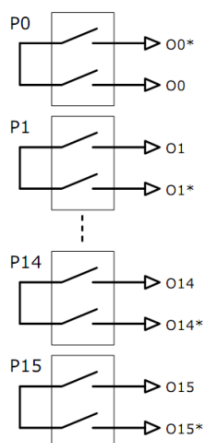
Układ zacisków w kasecie dla modułu TGC przedstawia poniższa tablica 4.1., gdzie: (-)A, (-)B, (-)C i (-)D są liniami odniesienia (minus baterii sygnalizacyjnej) dla izolowanych od siebie, 8-bitowych grup sygnalizacji:

- (-) A – wejścia I0 ÷ I7,
- (-) B – wejścia I8 ÷ I15,
- (-) C – wejścia I16 ÷ I23,
- (-) D – wejścia I24 ÷ I31.

Tabela 1. Układ zacisków w kasecie dla modułu TGC

(-)A	(-)B
I1	I0
I3	I2
I5	I4
I7	I6
I9	I8
I11	I10
I13	I12
I15	I14
I17	I16
I19	I18
I21	I20
I23	I22
I25	I24
I27	I26
I29	I28
I31	I30
(-)D	(-)C

Moduł sterujący z wyjściami indywidualnymi służy do wytworzenia za pomocą przekaźników impulsów sterujących z użyciem zewnętrznego źródła zasilania obwodów wykonawczych (baterii obwodów sterowniczych). Zastosowanie jako elementów wykonawczych przekaźników pozwala na wykorzystanie modułu przy różnych napięciach baterii przy pełnej izolacji galwanicznej od części cyfrowej. Schemat wewnętrzny obwodów wyjściowych modułu przedstawia Rys. 1.6:



Rys. 1.6. Schemat wewnętrzny obwodów wyjściowych modułu sterującego [7]

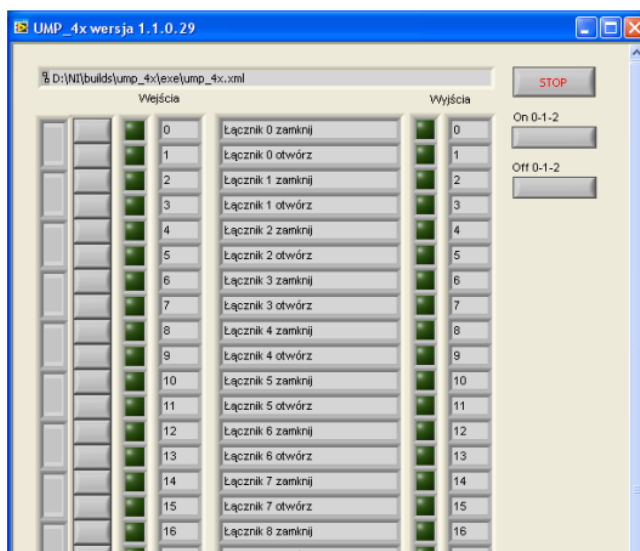
Tabela 2. Moduł TRB – zaciski obwodów wyjściowych w kasie

	<i>LG</i>	<i>PG</i>	
O0	<i>L0</i>	<i>P0</i>	O0*
O1	<i>L1</i>	<i>P1</i>	O1*
O2	<i>L2</i>	<i>P2</i>	O2*
O3	<i>L3</i>	<i>P3</i>	O3*
O4	<i>L4</i>	<i>P4</i>	O4*
O5	<i>L5</i>	<i>P5</i>	O5*
O6	<i>L6</i>	<i>P6</i>	O6*
O7	<i>L7</i>	<i>P7</i>	O7*
O8	<i>L8</i>	<i>P8</i>	O8*
O9	<i>L9</i>	<i>P9</i>	O9*
O10	<i>L10</i>	<i>P10</i>	O10*
O11	<i>L11</i>	<i>P11</i>	O11*
O12	<i>L12</i>	<i>P12</i>	O12*
O13	<i>L13</i>	<i>P13</i>	O13*
O14	<i>L14</i>	<i>P14</i>	O14*
O15	<i>L15</i>	<i>P15</i>	O15*
	<i>LD</i>	<i>PD</i>	

Pomiędzy zaciskami Oni On* znajdują się normalnie otwarte (NO) styki przekaźników. W przypadku używania jednej baterii zaciski wszystkie zaciski On (lub On*) należy zmostkować.

1.5 Oprogramowanie Ex-UMP

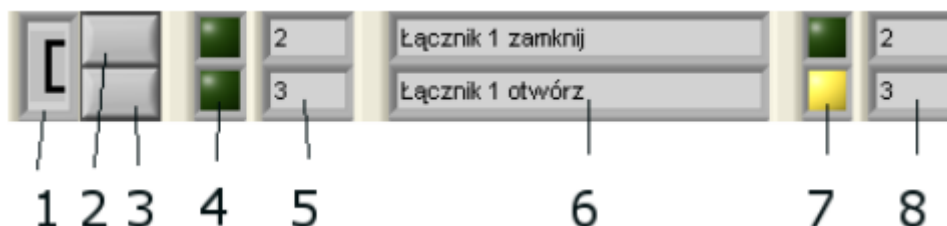
Dostarczony przez producenta program jest bardzo klarowny i przejrzysty, a co za tym idzie prosty w obsłudze. Dzięki magistrali USB mamy prosty sposób połączenia z urządzeniem. Możliwość sterowania poszczególnymi łącznikami jest bardzo intuicyjne, możliwość kombinacji jest duża.



Rys. 1.7. Okno programu Ex-UMP_4x

Okno programu składa się z elementów łączników, ścieżki pliku konfiguracyjnego i trzech dodatkowych przycisków. Przycisk:

- „On 0-1-2” aktywuje łączniki 0, 2, 4,
- „Off 0-1-2” aktywuje łączniki 1, 3, 5.



Rys. 1.8. Przyciski programu Ex-UMP

Jeżeli łączniki 0 i 1, 2 i 3, 4 i 5 będą połączone w dwubitowe pary, to układ ten może symulować np. sześciobitowy wyłącznik. Przycisk „Stop” zatrzymuje działanie programu. Elementy łącznika (na przykładzie pary dwubitowej) wyglądają jak na rysunku poniżej (Rys. 1.8):

- 1 – Identyfikator pary. W powyższym przykładzie oznacza, że utworzona została para dwubitowa. W przeciwnym przypadku pole jest puste.
- 2 – Dla pary dwubitowej przycisk „Załącz”. Dla łącznika jednobitowego - „Załącz/Wyłącz”. Przycisk jest bistabilny, oznacza to, że aby zasymulować impuls załączenia, należy kliknąć dwukrotnie.
- 3 – Dla pary dwubitowej przycisk „Wyłącz”. Dla łącznika jednobitowego - „Załącz/Wyłącz”. Przycisk jest bistabilny, oznacza to, że aby zasymulować impuls wyłączenia, należy kliknąć dwukrotnie.
- 4 – Lampki stanu wejść sygnalizacyjnych łączników.
- 5 – Numery zacisków wejść sygnalizacyjnych.
- 6 – Nazwy łączników.
- 7 – Lampki stanu wyjść sterowniczych.
- 8 – Numery zacisków wyjść sterowniczych.

1.6 Konfiguracja ustawień programu Ex-UMP

Każdy łącznik ma konfigurowany numer zacisku wejściowego, wyjściowego, kolory lampek, inwersję wejścia i tekst. Oprócz tego pary łączników mają konfigurowany atrybut powiązania (t.j. czy stanowią dwubitową parę) oraz czas trwania stanu przejściowego tylko dla par dwubitowych). Konfiguracja zapisana jest w pliku XML. Domyślnie plik ma tę samą nazwę, co program (np. ump_4x.xml) i znajduje się w katalogu programu. Poniżej przykładowa sekcja z pliku konfiguracyjnego opisująca parę łączników:

```
<SWITCH Name="switch2" delay="200" link="0">
  <SW output="4" input="4" inp_col="Green" inp_inv="0" out_col="Yellow" text="Łącznik 2 zamknij"/>
  <SW output="5" input="5" inp_col="Green" inp_inv="0" out_col="Yellow" text="Łącznik 2 otwórz"/>
</SWITCH>
```

- SWITCH – para łączników (powiązanych ze sobą lub nie),
- Name – nazwa pary łączników. Ignorowana przez program,
- link – atrybut powiązania pary. Jeżeli link = 1 to para stanowi łącznik dwubitowy, jeżeli link = 0 to łączniki są niezależne (jednobitowe),
- delay – czas trwania stanu przejściowego podczas przełączania w ms. Dotyczy tylko łączników dwubitowych (link = 1). Dla jednobitowych ignorowane,
- SW – łącznik elementarny,
- output – numer zacisku wyjściowego modułu sterowań,
- input – numer zacisku wejściowego modułu sygnalizacji,
- inp_col – kolor lampki wejściowej,
- out_col – kolor lamki wyjściowej,
- inp_inv – inwersja wejścia,
- text – nazwa łącznika widoczna w okienku programu.

Dopuszczalne kolory to: Green, Red, Yellow, Orange, Blue, Magenta, White. Jeżeli atrybut inp_inv ma wartość różną od zera, to następuje inwersja (negacja) wartości sygnału wejściowego. Łącznik taki ma wyróżnione tło okienka z nazwą. Konfiguracja programu ma pewne ograniczenia. Para musi zawierać dokładnie dwa łączniki. Nie można przyporządkować numeru wejścia spoza zakresu (np. >31 dla ExUMP_4x). Nie można również przydzielić tego samego wyjścia więcej niż jednemu łącznikowi. Brak przypisania numeru wejścia/wyjścia jest równoznaczne numerowi 0 (aby pozostawić wejście/wyjście nieprzypisane, należy nadać mu numer -1). Wymaga to uwagi od osoby konfigurującej urządzenie.

2 TESTER CMC

OMICRON CMC jest sterowanym komputerowo testerem przeznaczonym do testowania:

- zabezpieczeń cyfrowych,
- liczników energii,
- analizatorów jakości energii.

Urządzenie jest częścią OMICRON Test Universe, który oprócz rzeczywistego testera zawiera oprogramowanie testowe na komputer z systemem operacyjnym Microsoft Windows, oraz o ile zachodzi potrzeba zewnętrzne wzmacniacze napięciowe lub prądowe, przystawki synchronizacyjne GPS lub IRIG-B lub inny osprzęt.



Rys. 2.1. Omicron CMC 353

Urządzenie zaprezentowane jest na Rys. 2.1, posiada ono cztery wyjścia napięciowe, trzy wyjścia prądowe oraz dziesięć wyjść sygnałów binarnych, które pozwalają na rejestrację sygnałów analogowych, impulsów licznikowych oraz kompleksowe badanie zabezpieczeń zgodnie z normą IEC 61850.

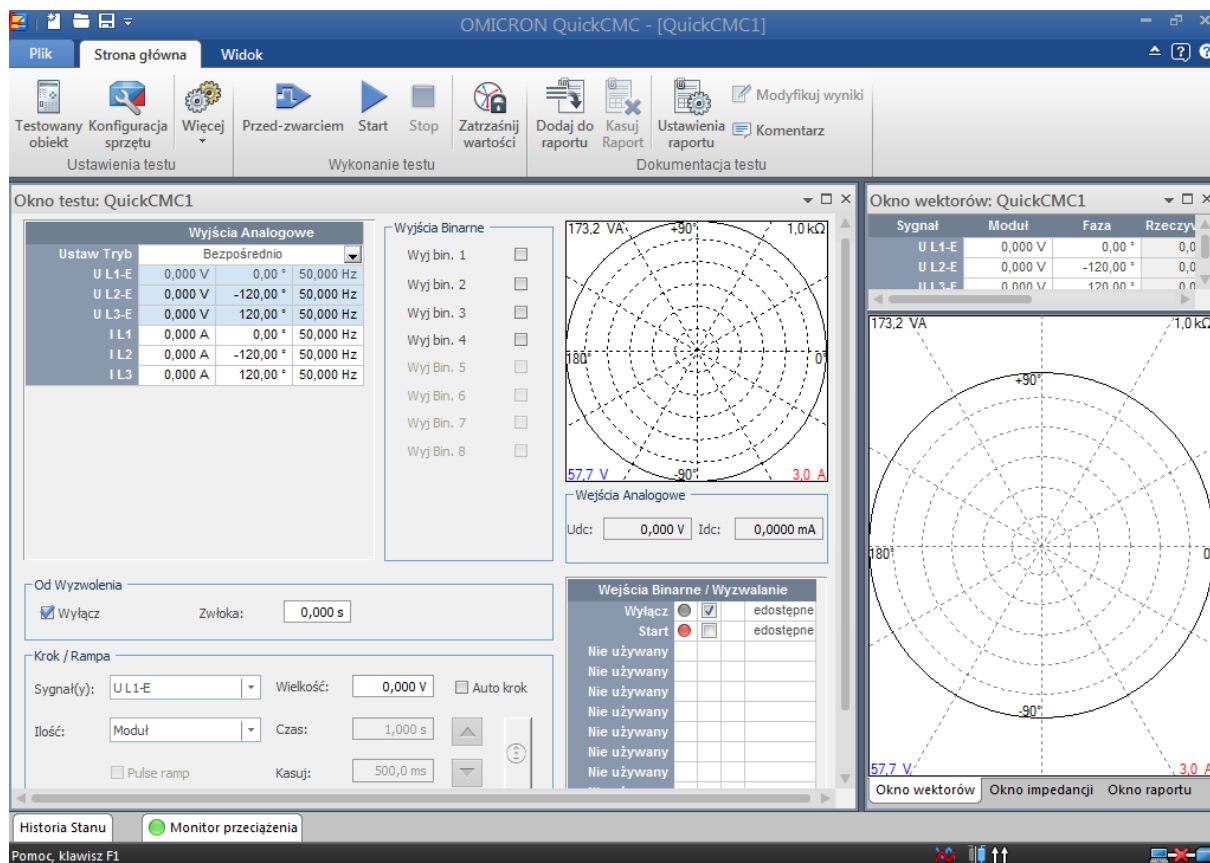
Podstawowymi elementami systemu testera pozwalającymi na jego użycie są:

- CMC 353 wraz z kablem zasilającym,
- kabel służący do podłączenia CMC 353 z komputerem PC,
- kabel służący do podłączenia CMC353 z testowanym obiektem,
- komputer z oprogramowaniem OMICRON Test Universe.

2.1 Opis modułu testowego QuickCMC

Moduł testowy QuickCMC jest podstawowym narzędziem testowania zabezpieczeń w Test Universe 3.0. Steruje on bezpośrednio generatorami prądowymi i napięciowymi testera CMC oraz monitoruje wejścia binarne. Będąc modułem wszechstronnym, QuickCMC nie posiada informacji odnośnie poszczególnych funkcji zabezpieczeniowych. Inaczej niż w innych modułach testowych Test Universe, które automatycznie generują wyniki testu, w QuickCMC ocena reakcji przełącznika wykonywana jest ręcznie za pomocą komend "Zaliczony" lub "Nieudany". Moduł ten można użyć do testowania prawie wszystkich funkcji zabezpieczeniowych. Jednakże, korzystanie z indywidualnych modułów dedykowanych do specyficznych funkcji zabezpieczeniowych uczyni testowanie o wiele bardziej wyrafinowane. Silną stroną QuickCMC jest szybka, prosta i intuicyjna obsługa przy np. sprawdzeniu połączeń i ogólnym rozwiązywaniu problemów oraz jako narzędzie do uruchomienia do wspierania osób testujących przy sprawdzaniu sygnałów, komunikatów stanu lub mierzonych wartości.

Panel modułu QuickCMC zaprezentowany jest na Rys. 2.2.



Rys. 2.2. Okno główne modułu QuickCMC

W górnej części ekranu znajduje się pasek, który organizuje rozkazy, opcje i funkcje oprogramowania. Składa się on z trzech głównych części:

- plik,
- strona główna,
- widok.

Menu „Plik” zawiera polecenia dotyczące plików odnoszących się do poszczególnych modułów testowych, otwórz, zamknij, zapisz, wydrukuj, import lub eksport, gdzie jest dopuszczalne oraz wysłanie e-mailem. „Strona główna” jest zestawem narzędzie niezbędnym do wykonania testu, składa się z trzech podgrup:

- Ustawienia testu – pozwalają na konfigurację obiektu testowego oraz sprzętu pomiarowego,
- Wykonania testu – przyciska z tej grupy pozwalają testerowi CMC w różny sposób wygenerować ustawione wartości napięcia, prądu i częstotliwości na grupach VOLTAGE OUTPUT i CURRENT OUTPUT oraz uaktywniają BINARY INPUT 1 i 2 (i/lub inne wejścia binarne i wyjścia, które zostały uaktywnione w Konfiguracji Sprzętu),
- Dokumentacja testu – sekcja ta pozwala zarządzać protokołem z wykonanych badań, dodawać do raportu, kasować raport, modyfikować wyniki oraz inne.

Zakładka „Widok” pozwala zarządzać oknem głównym oraz układem elementów na ekranie. Dodatkowo można definiować czy użytkownik będzie się posługiwał wartościami względnymi czy bezwzględnymi napięć oraz prądów i czy zwłoka czasowa ma być wartością wyrażoną w sekundach czy w cyklach. Istnieje również możliwość zapisania wcześniejszych ustawień i wczytania ich.

Poniżej znajdują się dwa okna – testu oraz wektorów. Pierwsze z nich zawiera parametry przeprowadzanego testu, można w nim ustalić zadawane wartości napięć i prądów, zwłokę

wyzwolenia, kroki oraz rampę. Dodatkowo pozwala również rejestrować wejścia binarne, wyzwalać, załączać wyjścia binarne oraz prezentować dynamiczny przebieg ustawionych wartości w formie wykresu wektorowego. QuickCMC obsługuje kilka trybów pracy wyjść analogowych:

- bezpośredni (użytkownik zadaje wartości każdego z napięć i prądów z osobna),
- linia – linia (zadana jest jedna wartość napięć fazowych, U_0 oraz każdy z prądów fazowych),
- składowe symetryczne (pozwala ustawić wartości składowych symetrycznych U_0 , U_1 , U_2 , I_0 , I_1 , I_2),
- moce (w tym trybie ustawiane są napięcia oraz moce S_1 , S_2 , S_3 oraz S_v),
- wartości zwarciove (pozwala ustawić wartości zwarciove napięcia i prądu, kąt pomiędzy nimi oraz zdefiniować rodzaj zwarcia np. L1-E, L1-L2 itd.),
- stała Z-I, V, Z_s (trzy tryby, które umożliwiają wprowadzenie stałej impedancji zwarciovej, przesunięcia fazowego, wartości R, X oraz dla każdego trybu kolejno prądu, napięcia oraz stosunku impedancji Z_S/Z_L jako znamionowego),
- $Z\%-I$, V, Z_s stały (trzy tryby, które podobnie jak powyżej wprowadzają stałą wartość impedancji tyle, że w odniesieniu do procentowej długości linii).
- Drugie okno może być modyfikowane jako dodatkowy podgląd graficzny jednej z trzech dostępnych opcji:
 - wektorów,
 - impedancji,
 - raportu.

3 ZAPOZNANIE Z PROCESEM REJESTRACJI ZAKŁÓCEŃ

Rozwój elektroenergetyki w zakresie automatyki zabezpieczeniowej oraz wykorzystywaniu przetworników A/C przez rejestratory zakłóceń sprawił, że pojawił się w tym zakresie pewien problem a zarazem okazja. Problemem okazało się gromadzenie zwiększonej ilości danych, z uwagi na większą dokładność pomiarów. Zwiększona dokładność zaś zrodziła pewne możliwości. Analiza dokładnych przebiegów zakłóceń mogła pozwolić na określenie różnych parametrów np.: amplitudy sygnału, przesunięcia fazowego oraz czasu zadziałania zabezpieczenia od momentu wystąpienia zakłócenia. Same przebiegi mogły posłużyć do testowania innych zabezpieczeń oraz poprawności ich nastaw.

Zaistniała konieczność ujednoczenia zapisywanych danych i powstania wspólnego standardu – COMTRADE. Powstał on w 1991 r. w USA i stosowany jest do dzisiaj przez wielu producentów w rejestratorach zakłóceń oraz testerach zabezpieczeń. Ważną cechą standardu jest kompatybilność wsteczna, ponieważ co jakiś czas jest on udoskonalany.

Standard COMTRADE posiada pewną strukturę, w której wyróżniane są maksymalnie 4 pliki składające się na jedno zdarzenie. Pliki te posiadają tę samą nazwę, lecz różne formaty rozszerzeń. Są to pliki:

- Plik konfiguracyjny o rozszerzeniu .CFG – jest to plik wymagany w standardzie, tworzony jest w formacie ASCII. Plik posiada informację o zarejestrowanym sygnale jak również o sposobie przeprowadzenia pomiaru. Zawiera informację o ilości kanałów, częstotliwości linii, częstotliwości próbkowania, czasie i dacie rozpoczęcia pomiaru oraz zadziałania zabezpieczenia.
- Plik nagłówka o rozszerzeniu .HDR – to plik opcjonalny tworzony w formacie ASCII. Zadaniem pliku jest przechowywanie informacji o urządzeniu przeprowadzającym zapis. W pliku powinien znaleźć się zapisany identyfikator urządzenia. Może również zawierać inne informacje np. opisy elementów systemu elektroenergetycznego, parametry uszkodzonej linii, znamionowe wartości transformatorów.
- Plik danych o rozszerzeniu .DAT – jest to plik wymagany oraz najważniejszy spośród wszystkich, ponieważ zawiera dane próbek tj. wielkości amplitudy sygnałów ze wszystkich rejestrowanych kanałów. Dane zapisywane są wierszami w kolejności odpowiednio: numer próbki, znacznik czasu oraz wartości kolejnych kanałów w danej chwili czasowej. Wartości danych mogą być zapisywane w postaci kodu ASCII lub binarnej. Zapis binarny stosowany jest przy dużej ilości próbek sygnału w celu zmniejszenia rozmiaru pliku. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego rozmiaru pliku podstawowego tworzony jest plik o rozszerzeniu .D00 i kontynuowany jako kolejna część pod tą samą nazwą oraz rozszerzeniem .D.01, .D.02 itd.
- Plik informacyjny o rozszerzeniu .INF – jest to dodatkowy opcjonalny plik w kodzie ASCII, który zawierać może informacje podczas tworzenia zapisu zdarzenia. Informacje te mogą być potrzebne użytkownikom do szczegółowej analizy danych.

Rejestrator zakłóceń jest modułem sprzętowo-programowym, który w czasie zwarć zapisuje chwilowe wartości przebiegów analogowych (prądów, napięć itp.) oraz stany wejść dwustanowych i sygnałów wewnętrznych. Rejestrator może być wyzwolony dowolnym modułem zabezpieczeniowym, pomiarem lub sygnałem binarnym. Użytkownik może określić maksymalną długość rejestracji, czas rejestracji przed momentem wyzwolenia oraz czas rejestracji po ustaniu pobudzenia. W konfiguracji wybiera się rejestrowane sygnały. Rejestrowane przebiegi są zapisywane w lokalnym systemie plików w pamięci nieulotnej.

Rejestrator ma przydzielony w pamięci operacyjnej obszar przeznaczony na zapis ramek z pomiarami i sygnałami dwustanowymi. Obszar ten jest podzielony na kilka buforów. Jeden z nich jest buforem roboczym, który jest przeznaczony do zapisu kolejnej rejestracji. Po

wyzwoleniu rejestrator zapełnia bufor roboczy i przechodzi do pracy na kolejnym wolnym buforze. Jednocześnie rozpoczyna się obróbka zarejestrowanych danych – konwersja do postaci standardowych plików COMTRADE i zapis do pamięci nieulotnej. Po zapisaniu plików rejestrator zwalnia bufor – można znów w nim zapisywać rejestrację.

Typowo w pamięci rezerwuje się obszar dla 5 buforów, co umożliwia zapis 5 kolejnych zakłóceń.

Przebiegi analogowe są próbkowane z częstotliwością pracy systemu pomiarowego. System pomiarowy ma dwa tryby pracy, zależne od ustawień konfiguracyjnych:

- brak synchronizacji do częstotliwości sieci – wtedy częstotliwość próbkowania wynosi 1600 Hz.
- synchronizacja pomiarów do częstotliwości sieci – wtedy częstotliwość próbkowania wynosi $32 \times f_s$, co dla nominalnej częstotliwości 50 Hz daje również 1600 Hz.

Odczytane stany wejść są próbkowane przez moduł rejestratora z częstotliwością próbkowania pomiarów (1600 Hz) i razem z nimi zapisywane.

Sygnały pobierane z wewnętrznej bazy danych są również zapisywane z częstotliwością próbkowania systemu pomiarowego (1600 Hz), choć tempo ich zmiany - okres odświeżania stanu w bazie danych - może być dużo wolniejszy. Przykładem takich sygnałów są pomiary, które w danej konfiguracji nie służą do celów zabezpieczeniowych, lecz są wysyłane do systemu nadrzędnego lub tylko wyświetlane na lokalnym wyświetlaczu. Okres odświeżania takich pomiarów może wynosić 200 – 500 ms (wartość ustawiana w konfiguracji).

Maksymalny czas rejestracji zależy od:

- ilości pamięci zadeklarowanej w konfiguracji na potrzeby rejestratora;
- liczby buforów, na które została podzielona pamięć rejestratora;
- liczby rejestrowanych pomiarów i sygnalizacji.

W standardowej konfiguracji przekaźnika Ex_BEL na pamięć rejestratora przeznaczono 750 000 bajtów. Pamięć tę podzielono na 5 buforów po 150 000 bajtów każdy. W buforze rejestrator, co okres próbkowania, zapisuje porcje danych – ramki. Długość ramki zależy od liczby rejestrowanych pomiarów i sygnałów.

3.1 Przygotowanie przekaźnika do rejestracji zakłóceń

Badanym urządzeniem zabezpieczającym jest przekaźnik cyfrowy Ex-BEL. Jest to urządzenie przeznaczone do pracy w rozdzielniach SN oraz niektórych polach rozdzielni WN. Duża moc obliczeniowa oraz w pełni skalowany podsystem wejść/wyjść sprawia, że urządzenie charakteryzuje się dużą elastycznością oraz wysoką dokładnością działania.

Przekaźnik wyposażono w 10 wejść pomiarowych do pomiaru napięć i prądów fazowych jak również składowych zerowych napięcia oraz dwóch wejść składowych zerowych prądu. Przekaźnik posiada szeroką gamę zabezpieczeń jak np.:

- zabezpieczenie nadprądowe – 4 stopniowe,
- zabezpieczenie nadprądowe zależne na prądach fazowych,
- dwustopniowe zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe,
- nadprądowe ziemnozwarciowe kierunkowe,
- nadprądowe ziemnozwarciowe admitancyjne, konduktancyjne i susceptancyjne,
- nadprądowe kierunkowe,
- nadnapięciowe i podnapięciowe,
- automatyka LRW, SPZ i SCO i wiele innych.

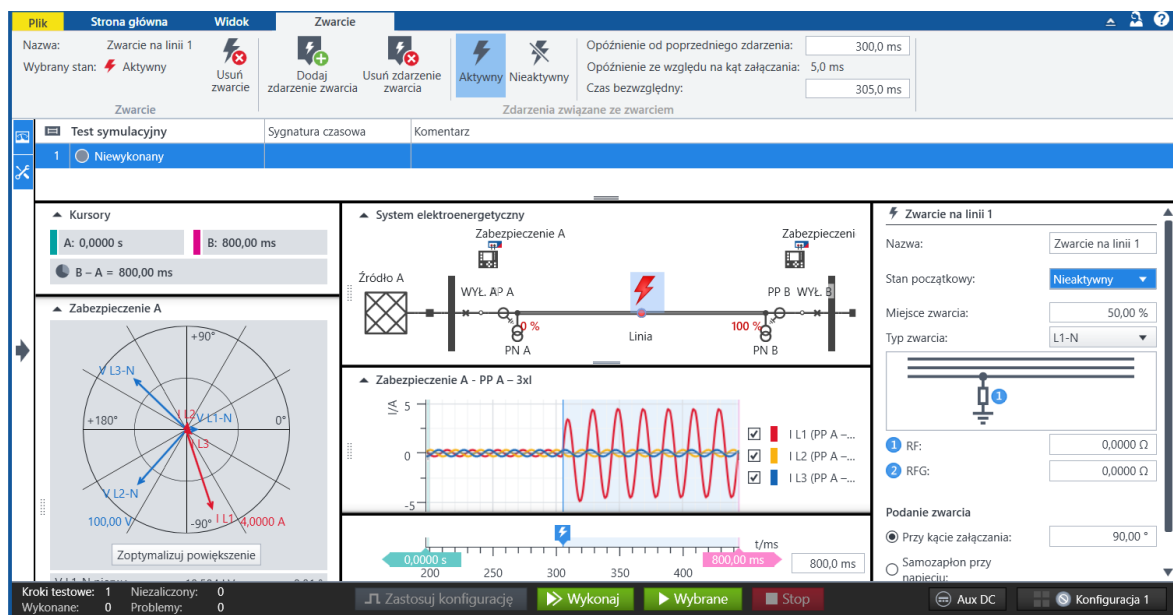
Przekaźnik posiada również rejestrator zakłóceń oraz długookresowy rejestrator zdarzeń. Możliwe jest dzięki temu pobranie przebiegów zakłóceń, które doprowadziły do pobudzenia lub zadziałania zabezpieczeń. Przebiegi zapisywane są w standardzie

COMTRADE. W celu rozpoczęcia przebiegu rejestracji należy zapoznać się z nastawami przekaźnika w tym celu należy:

- Uruchomić program BelNavi służący do konfiguracji Ex_BEL:
- Sprawdzenie wartości progowych nastaw podstawowych zabezpieczeń dla linii SN.
- Sprawdzenie czy przekroczenie wartości progowych będzie pobudzać pracę rejestratora.
- Sprawdzenie czasu w systemie przekaźnika i jeśli jest to konieczne zsynchronizowanie z czasem UTC. Pozwoli to uniknąć kłopotów z identyfikacją zarejestrowanych przebiegów.

3.2 Generacja przebiegów zakłóceńowych

Do przygotowania przykładowych zakłóceń testowych wykorzystany został program RelaySimTest będący częścią zestawu programów pomocnych do obsługi testera OMICRON. Pozwala on na stworzenie graficznego modelu sieci elektroenergetycznej, który na bieżąco jest zamieniany na model matematyczny i wykorzystywany w późniejszych testach. Za pomocą programu do wymuszalnika OMICRON przekazywane są sygnały zgodne z zaplanowanymi w teście zakłóceniami odwzorowujące przebiegi prądowe i napięciowe dla zaprojektowanej sieci.



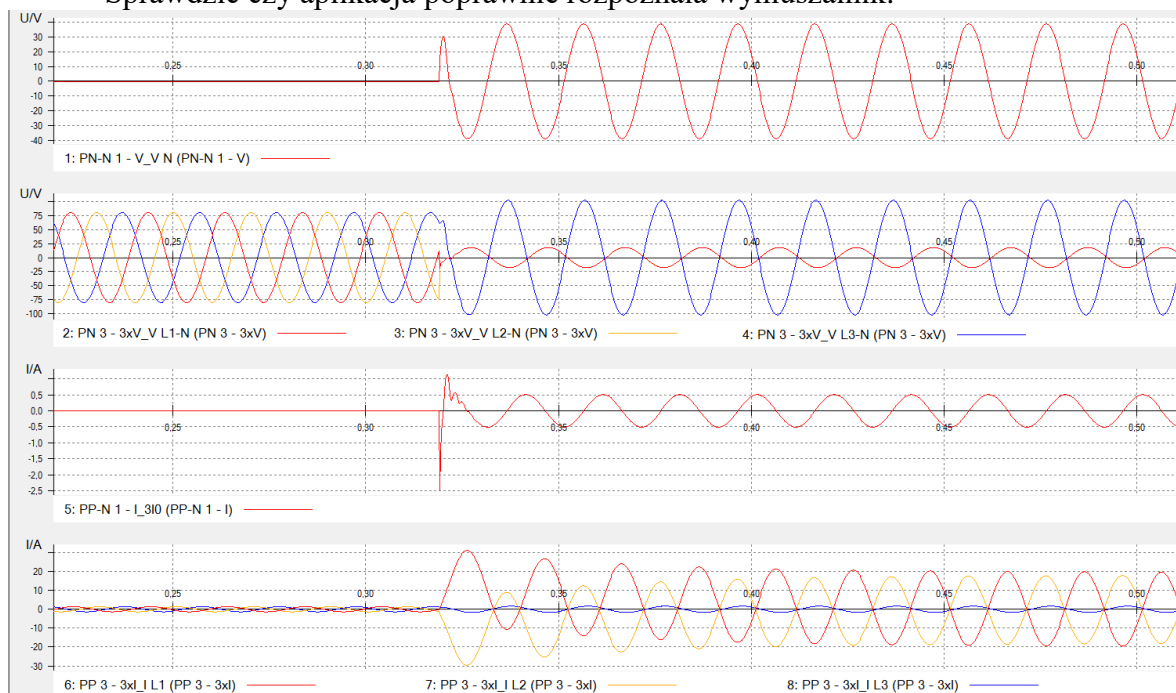
Rys. 3.1 Widok modelu sieci w programie RelaySimTest



Rys. 3.2. Fizyczne wykonanie połączeń zgodnych z konfiguracją w programie RelaySimTest

W celu przeprowadzenia badań należy wykonać kolejne zadania:

- Sprawdzić poprawność połączeń pomiędzy przekaźnikiem, wymuszalnikiem Omicron oraz komputerem sterującym oboma urządzeniami.
- Uruchomić wymuszalnik Omicron CMC365 oraz aplikację sterującą Test Universe, a następnie moduł RelaySimTest.
- Sprawdzić czy aplikacja poprawnie rozpoznała wymuszalnik.



Rys. 3.3 Dwufazowe zwarcie z ziemią na początku linii bez rezystancji przejścia

- Dla realizacji zadania stworzone zostały scenariusze testowe zawierające zakłócenia różniące się rodzajem sieci, rodzajem zwarcia, miejscem zwarcia oraz innymi parametrami. W celu wygenerowani przebiegów zakłóceńowych należy wybrać z przygotowanych przypadków następujące zakłócenia:
 - Przebieżenia,
 - Zwarcie trójfazowe,
 - Zwarcie dwufazowe,
 - Zwarcie dwufazowe z ziemią
 - Zwarcie jednofazowe.

- Po wybraniu danego zakłócenia należy je uruchomić jako pojedynczy test. Efektem wygenerowanych testów będą zarejestrowane przebiegi zakłóceńowe.
- Zarejestrowane przebiegi można pobrać i oglądać w programie BelNavi. Program umożliwia ich analizę oraz eksport w formacie COMTRADE.
- Do analizy i graficznego przedstawienia przebiegów można posłużyć się również modułami Test Universe. Są to program Advanced TransPlay oraz OMICRON TransPlay.
- Należy zaimportować jeden z wygenerowanych plików, a następnie wygenerować zakłócenie i sprawdzić czy zabezpieczenie prawidłowo zadziałało.

3.3 Analiza rzeczywistych przebiegów zakłóceńowych

Wygenerowane przebiegi mogą być analizowane w programie BelNavi lub dowolnej innej przeglądarce obsługującej standard COMTRADE. Mimo że RelaySimTest generuje dość wierne przebiegi, to nie sposób przewidzieć jednak wszystkich przypadków. W dalszych pracach wykorzystane zostaną przebiegi rzeczywiste.

- Należy uruchomić program WaveWin firmy ABB.
- Z katalogu Zakłócenia wybrać przebiegi opisujące identyczne przypadki zakłóceń. Ocenić jak jest różnica z przebiegami generowanymi z wymuszalnika.
- Należy zaobserwować, jakie rodzaje informacji dostępne są w zarejestrowanych plikach.