

Lucjan KOZIELSKI

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: lucjan.kozielski@wst.com.pl

Paweł GIL

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: pawel.gil90@gmail.com

**WYKORZYSTANIE CYFROWEGO ZESPOŁU
ZABEZPIECZEŃ ECOMUZ-2 DO OCHRONY
POJEDYNCZYCH URZĄDZEŃ NA PRZYKŁADZIE
SILNIKA INDUKCYJNEGO - STANOWISKO DYDAKTYCZNE**

s. 181-189

STRESZCZENIE

Przez wiele lat polski system elektroenergetyczny był traktowany z przymrużeniem oka, usuwano tylko bieżące awarie, a nie wymieniano wysłużonych już urządzeń na nowoczesne, które dawałyby możliwość bezobsługowej pracy stacji. Sytuacja zmieniła się na lepsze w latach 90, kiedy to w odpowiedzi na zapotrzebowanie rynku zaczęły powstawać cyfrowe urządzenia Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieczeniowej (EAZ). W nowoczesnej elektroenergetyce priorytetem jest bezprzerwowe dostarczanie klientowi energii elektrycznej o najwyższej jakości w kategoriach zachowania symetrii kątów przy prądzie trójfazowym, kształtu sinusoidy napięcia oraz jego częstotliwości i wartości nominalnej. Wynika to wprost z Prawa Energetycznego, ale także z demonopolizacji rynku energii i związanych z tym rosnących wymagań klientów. W efekcie zapoczątkowano proces systematycznego zastępowania dotychczasowych zajmujących dużą przestrzeń systemów sterowania przez cyfrowe zespoły zabezpieczeń połączone ze sobą przez sieć Ethernet. W odpowiedzi na duże rozpowszechnienie tego typu aplikacji powstała potrzeba zrealizowania stanowiska dydaktycznego, które służy do zapoznania się z nowoczesnym sterownikiem elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, systemem sterowań, blokad, a także z praktycznym doбором nastaw dla wykorzystanego w pracy silnika indukcyjnego wraz z zachowaniem odpowiedniej selektywności.

SŁOWA KLUCZOWE

Elektroenergetyczna Automatyka Zabezpieczeniowa, stanowisko dydaktyczne, sterownik ecoMUZ-2

WPROWADZENIE

Rozwój współczesnej elektrotechniki datować należy od momentu, gdy Alessandro Volta stworzył stos Volty w 1799 roku a Michael Faraday prądnicę prądu stałego w 1831 roku, natomiast elektroenergetyka została zapoczątkowana w 1888 r. po wynalezieniu generatora trójfazowego przez Michała Doliwo-Dobrowolskiego. Nadmienić należy, że Michał Doliwo-Dobrowolski urodził się w Gatczynie, w polsko-rosyjskiej rodzinie w 1862 r., a prądnicę trójfazową prądu zmiennego skonstruował na kilka miesięcy przed słynnym Nikola Teslą! Postworzeniu tego wynalazku zastanawiano się jak przesłać energię elektryczną bez relatywnie dużych strat na duże odległości. W trzy lata po wynalezieniu

generatora trójfazowego zbudowano pierwszą linię napowietrzną o napięciu 25 kV, która miała długość 175 km i łączyła Wystawę Techniczną we Frankfurcie z elektrownią wodną w Luffen. [1]. Od czasu tych wielkich odkryć do dnia dzisiejszego minęło ponad sto lat, a proporcjonalnie do mijającego czasu rosły oczekiwania, wzajemna rywalizacja, która z pojedynczych osób przeniosła się na całe korporacje zrzeszające wyspecjalizowanych naukowców. Patrząc oczami klienta indywidualnego, w obecnej chwili energii elektrycznej mamy pod dostatkiem, każdy ma ją dostarczaną wprost do domu wedle zapotrzebowania. Jednak, co wzbudza w nas nieodpartą ciekawość to, co tak naprawdę czuwa nad tym, aby wyprodukowana energia trafiała w bezpieczny, ciągły sposób do naszych domów? Odpowiedzią na pytanie jest dział elektroenergetyki nazywany Elektroenergetyczną Automatyką Zabezpieceniową (EAZ) [2, 3]. Zajmuje się ona nadzorem oraz sterowaniem systemem elektroenergetycznym w stanie, gdy parametry sieci oscylują w granicach wartości znamionowych, ale także, gdy parametry zmieniają swój charakter w taki sposób, który może zagrozić stabilnej pracy urządzenia odbiorczego lub systemu elektroenergetycznego [4, 5]. Sam cyfrowy zespół zabezpieczeń pracuje w komunikacyjnej sieci rozproszonej i koreluje się z innymi, wpływając wzajemnie na swoje działanie [6, 7]. Takie wzajemne sprzężenie występuje także z urządzeniami zewnętrznymi np. nadrzędnym układem Samoczynnego Załączenia Rezerwy (SZR), który porównuje wartości mierzone z tymi, które są zapisane w banku nastaw. W razie przekroczenia parametrów krytycznych zaczyna działać automatycznie według zaimplementowanego algorytmu w celu usunięcia zakłóceń i przywrócenia prawidłowej pracy systemu sprzed wystąpienia stanu zaburzenia [8].

Stanowisko dydaktyczne

Budowa cyfrowego zespołu zabezpieczeń ecoMUZ-2

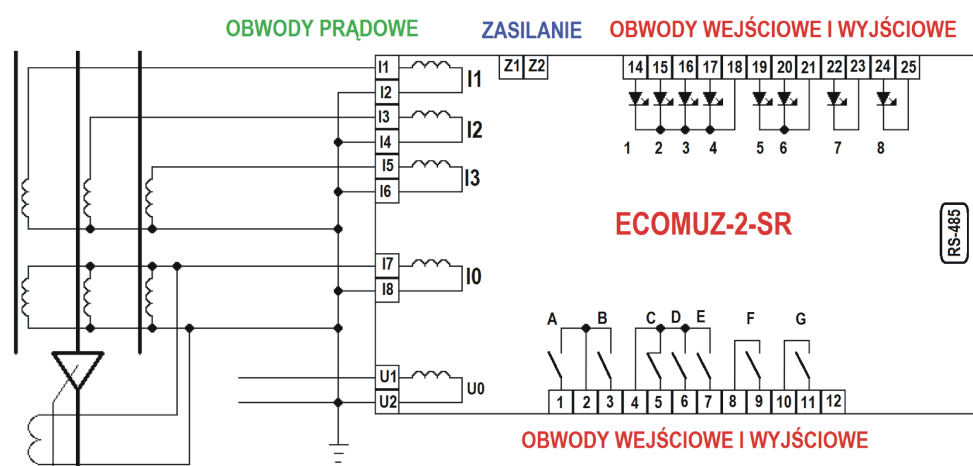
Cyfrowy zespół zabezpieczeń, który został wykorzystany w stanowisku dydaktycznym to rodzimy produkt firmy JM-TRONIK, który cechuje się dużą niezawodnością, a dzięki prostocie wykonania jest odporny na temperaturę w przedziale od -5°C do $+40^{\circ}\text{C}$, co w przypadku zastosowania w nieogrzewanych stacjach jest bardzo ważną cechą.

Do programowania i komunikacji z urządzeniem udostępniono użytkownikowi na panelu frontowym zespołu gniazdo USB typu B. Natomiast do komunikacji zdalnej i sterowania przeznaczony jest gniazdo RS-232 w tylnej części obudowy. W zależności od zastosowanej wersji (możliwe do wyboru: BS – basic, LR – liniowa, TR – transformatorowa, SR – silnikowa, PR – przeznaczona do pola pomiaru napięcia) użytkownik ma możliwość zastosowania następujących zabezpieczeń:

1. Zabezpieczenie zwarciove,
2. Zabezpieczenie przeciążeniowe niezależne,
3. Zabezpieczenie przeciążeniowe zależne,
4. Zabezpieczenie cieplne,
5. Zabezpieczenie od asymetrii obciążenia,
6. Zabezpieczenie od zablokowania wirnika,
7. Zabezpieczenie podprądowe,
8. Zabezpieczenie rozruchu,
9. Zabezpieczenie ziemnozwarciowe,
10. Zabezpieczenie ziemnozwarciowe kierunkowe,
11. Zabezpieczenie admitancyjne,
12. Zabezpieczenie admitancyjne kierunkowe 1,
13. Zabezpieczenie admitancyjne kierunkowe 2,

14. Zabezpieczenie podnapięciowe,
15. Zabezpieczenie podprądowe,
16. Zabezpieczenie nadnapięciowe składowej zerowej,
17. Zabezpieczenia technologiczne [9].

Cyfrowy zespół zabezpieczeń ecoMUZ-2 oprócz pięciu analogowych wejść pomiarowych posiada również 8 wejść cyfrowych, z których 4 są przypisane programowo do danej funkcji, a 4 przeznaczone do dowolnej konfiguracji. Kolejne dwa wyjścia umożliwiające użytkownikowi sterowanie wyłącznikiem, a kolejne pięć pełni rolę wyjść prądowych, które można obciążać do wartości 5A przy napięciu 230VAC lub 300VDC.



Rys. 1. Schemat ecoMUZ-2 SR. Źródło: oprac. własne
 Fig. 1. EcoMUZ-2 SR scheme. Source: own work

Budowa stanowiska dydaktycznego

Podczas projektowania można napotkać na szereg trudności, zaczynając od elementarnej wiedzy, a na doborze urządzeń kończąc. Na wstępie należy rozważyć jakie funkcje cyfrowego zespołu zabezpieczeń są potrzebne w projekcie, jakie wielkości będą nimi mierzone, czy posiadają wystarczającą ilość wejść/wyjść do realizacji sterowania i blokad. Jest to najważniejsza decyzja, ponieważ cyfrowy zespół zabezpieczeń to najdroższe urządzenie w projekcie, a na dodatek od niego będzie zależało jakie dalsze komponenty będzie można zastosować. Do przedstawianego stanowiska zastosowano proste urządzenie, które jednocześnie daje możliwość swobodnego programowania wejść i wyjść. Po wybraniu cyfrowego zespołu zabezpieczeń ecoMUZ-2 należy dobrać odpowiednie przekładniki prądowe. Przed podjęciem decyzji należy zaznajomić się z istotnymi aspektami parametrów technicznych sterownika, które można znaleźć w instrukcji obsługi, bowiem może się okazać, że znamionowy prąd przekładnika, który ma być zastosowany, nie mieści się w granicach wytyczonych przez producenta. EcoMUZ-2 daje możliwość zmiany zakresu regulacji od 5A do 1250A, co wyklucza zastosowanie takich zabezpieczeń w polach zasilających o większym prądzie znamionowym. Natomiast przy projektowaniu małych stanowisk demonstracyjnych trzeba zwracać uwagę na najniższe wartości, które możemy wprowadzić do sterownika. W ww. cyfrowym zespole zabezpieczeń znamionowy prąd odbioru po stronie pierwotnej nie może być niższy niż 2A, co wymusza konieczność zakupu nietypowych przekładników 5/5A. Ostatni element, który wymaga omówienia to wyłącznik. Należy

pamiętać, że służy on do wyłączania prądów roboczych, a także zwarć, więc korzystając z algorytmu opartego na normach PN-EN, PN-IEC, PN-HD należy obliczyć przewidywany prąd zwarcia. Dobór dodatkowych komponentów jest już sprawą wtórną, dlatego nie będzie on omawiany w niniejszym artykule.

W efekcie pracy projektowej stworzono dokumentację zawierającą schematy ideowe, schematy montażowe, a także szkice rozmieszczenia elementów wraz z naniesionymi wymiarami. Skrupulatne wypełnienie powyższych czynności pozwoliło zoptymalizować czas potrzebny na montaż stanowiska. Finalny panel frontowy stanowiska został przedstawiony na rysunku 2a a całe stanowisko na 2b.



Rys. 2. Panel frontowy stanowiska dydaktycznego (a) i platforma wraz z silnikiem i hamulcem (b).
Fig. 2. Front panel of didactic stand (a) and the platform with the motor and brake (b).

Stanowisko oprócz dokumentacji technicznej zawiera również czytelnie opisane oznaczniki znajdujące się na przewodach wraz z adresami, które służą do łatwego odczytania drogi połączeniowej (rys. 3). Ułatwia to pierwszy rozruch, gdy można napotkać błędy montażowe, ale także pomaga podczas diagnozowania usterek. Dodatkowo każdy przycisk, lampka, wskaźnika i przełącznik zawierają opis ściśle związany z ich funkcją.



Rys. 3. Wnętrze stanowiska dydaktycznego.
Fig. 3. The insight of didactic stand.

Opis funkcji stanowiska dydaktycznego

Stanowisko posiada w pełni przejrzystą, czytelną i intuicyjną płytę frontową, na której znajdują się przyciski sterujące oraz sygnalizacja. Przy założeniu, że napięcie międzyfazowe wynosi 400V~ w momencie załączenia wyłączników nadprądowych FQ1, FQ2, FQ3 lampki sygnalizujące napięcie H1 (dla fazy L1), H2 (dla fazy L2), H3 (dla fazy L3) emitują barwę zieloną, wartość napięć fazowych i międzyfazowych jest odczytywana na woltomierzu V. Załączenie wyłącznika nadprądowego FQ4 powoduje emitowanie przez lampkę HK koloru pomarańczowego, która sygnalizuje obecność napięcia sterowniczego. Z tego samego wyłącznika nadprądowego zasilany jest cyfrowy zespół zabezpieczeń ecoMUZ-2 i pozostałe lampki sygnalizacyjne wraz z cewkami przekaźników i stycznika.

Gdy są włączone wszystkie wyłączniki nadprądowe, należy zwrócić uwagę na wskaźnik położenia stycznika WP. Składa się z dwóch pozycji odzwierciedlających stan położenia stycznika ST – przy wyłączonym styczniku linia pozioma wskazuje na przerwana ciągłość obwodu i emituje barwę zieloną, natomiast gdy stycznik ST zmieni swoje położenie na stan zamknięty wówczas zgaśnie pozioma zielona linia, a zamiast jej wskaźnik położenia WP zacznie emitować barwę czerwoną na całej długości linii pionowej wskazując kierunek przepływu prądu.

Następnym krokiem jest sprawdzenie czy przycisk awaryjny z podtrzymaniem nie jest wciśnięty, co również sygnalizowałaby lampka zadziałania zabezpieczeń HZ oraz komunikat na wyświetlaczu cyfrowego zespołu zabezpieczeń ecoMUZ-2. Jeśli lampka HZ nie sygnalizuje zadziałania zabezpieczeń należy spojrzeć na lampkę, uszkodzenia ecoMUZ'a HU, jeśli nie emituje barwy pomarańczowej, wówczas możliwe jest przejście do kolejnego kroku, czyli przełączenia łącznika krzywkowego pozwolenia załączenia S1 w pozycję „1” – w tym momencie lampka gotowości do załączenia stycznika HG powinna przybrać zieloną barwę. Jeśli tak się stało, silnik jest podpięty i szczęki hamulca nie dociskają do okładziny bębna i należy załączyć stycznik zielonym przyciskiem GZ. Impuls załączający jest wysyłany do cyfrowego zespołu zabezpieczeń ecoMUZ-2 na wejście 4 (zacisk sterownika nr. 17) i, jeśli w logice cyfrowego zespołu blokady są nieaktywne, kolejny impuls jest przekazywany z wyjścia B (zacisk sterownika nr. 3) wprost na cewkę przekaźnika KZ, która przyciągnie rdzeń i swoim stykiem zwiernym przekaże impuls na cewkę załączającą stycznik. Natomiast styki pomocnicze zwiernie stycznika podczas załączenia zamykają ścieżkę wyższego potencjału podtrzymując w sposób ciągły działanie cewki. Wskaźnik położenia WP powinien wskazać drogę zamkniętą, na wyświetlaczu ecoMUZ-2 pojawi się komunikat w jakiej fazie znajduje się silnik (rozruch, praca, stop) oczywiście powodując jego załączenie. Na wyświetlaczu cyfrowego zespołu odczytywany jest szereg parametrów - na pierwszej stronie znajdują się pomiary prądów fazowych, przedstawiona procentowo wartość prądu znamionowego oraz stan w którym znajduje się silnik (rozruch, praca, stop). Druga strona jest włączana poprzez nacisk znajdującą się na froncie cyfrowego zespołu ecoMUZ-2 strzałki w dół. Na stronie tej pojawia się informacja na temat prądu I0 po stronie wtórnej, napięcia U0 po stronie wtórnej, kąta φ_0 oraz I φ . Przesuw wspomnianą strzałką w dół na stronę trzecią włączenie informacji na temat aktualnej pojemności cieplnej, w skali procentowej i ilości rozruchów silnika. Strona czwarta pokazuje czas pomiędzy rozruchami, czas pomiędzy stanem stop i start, czas ostatniego rozruchu, maksymalny prąd rozruchu. Ostatnia strona zawiera informacje na temat czasu rzeczywistego, wersji programu oraz trybu dostępu. Warunkiem obserwacji danych parametrów jest aktywność danego zabezpieczenia.

Wyłączyć stycznik można na trzy sposoby.

Pierwszy z nich polega na wykorzystaniu przycisku wyłączającego GW, który przenosi stykiem zwiernym impuls na wejście 8 (zacisk sterownika nr. 24), następnie kolejny impuls wychodzi z wyjścia A (zacisk sterownika nr. 1) wprost na cewkę przekaźnika wyłączającego KW, która przez rozwarcie swoich styków odbiera niższy potencjał z cewki stycznika i wyłącza go. Po zadziałaniu przycisku wyłączającego GW na wyświetlaczu cyfrowego zespołu zabezpieczeń pojawia się informacja o wyłączonym styczniku ale można nim ponownie załączyć bez kasowania komunikatu.

Drugi sposób to wyłączenie stycznika ST przez przycisk z podtrzymaniem awaryjne wyłączenie GA. Działa w sposób najbezpieczniejszy z możliwych przerywając drogę zasilania sterowania przekaźnikami KZ i KW w konsekwencji pozbawiając również zasilanie cewki stycznika ST wyłączając go. Przez swoje podtrzymanie odbiera możliwość ponownego załączenia stycznika, a na wyświetlaczu pojawia się komunikat wyłączenia awaryjnego jednocześnie załączając lampkę zadziałania zabezpieczeń HZ.

Trzeci sposób to wyłączenie przez zadziałanie zabezpieczeń, jeśli parametry osiągną wartości zaimplementowane jako wartości rozruchu zabezpieczenia nastąpi reakcja cyfrowego zespołu zabezpieczeń zgodnie z zaprogramowanym algorytmem. Rozpatrzmy przypadek, gdy zadziałało zabezpieczenie, które ma za zadanie wyłączenie stycznika. Osiąga ww. parametry i poprzez wyjście A (zacisk sterownika nr. 1) wyłącza stycznik jak opisano w pierwszym sposobie. Dodatkowo na wyświetlaczu pojawia się komunikat informujący o przyczynie wyzwolenia zabezpieczeń, jaką wartość miały parametry w momencie wyłączenia, a także datę i godzinę kiedy nastąpiło wyłączenie, oprócz tego również lampka zadziałania zabezpieczeń zasygnalizowała swoją czerwoną barwą stan awaryjny. Kolejna próba załączenia stycznika nie będzie możliwa do czasu aż użytkownik nie potwierdzi przyjęcia bądź usunięcia awarii poprzez naciśnięcie przycisku kasowania GK bądź naciśnięcie na froncie cyfrowego zespołu czerwonego przycisku „kasuj”.

Sposoby obliczeń wybranych zabezpieczeń

Do zademonstrowania działania cyfrowego zespołu zabezpieczeń przy ochronie silnika indukcyjnego wykorzystanych zostało kilka zabezpieczeń. Występują one w typowym polu silnikowym. Warto jednak wiedzieć jak obliczyć parametry, którymi należy zasilic bank nastaw. Poniżej znajdują się wzory na dwa podstawowe zabezpieczenia.

1. Zabezpieczenie zwarciove dla połączenia wtórnej strony przekładników prądowych w gwiazdę:

$$I_r = \frac{k_b \cdot k_s \cdot I_{ns}}{n_i}$$

gdzie:

I_r prąd rozruchu zabezpieczenia zwarciovego bezzwłocznego

k_b współczynnik bezpieczeństwa ze względu na składową nieokresową prądu rozruchu

k_s współczynnik schematowy (dla połączenia w gwiazdę = 1)

I_{ns} składowa okresowa prądu rozruchowego silnika

n_i przekładnia prądowa przekładnika.

2. Zabezpieczenie przeciążeniowe zależne dla charakterystyki stromej [10, 4]:

$$t(I) = \frac{13,5}{I-1} * kt$$

gdzie:

$t(I)$ – czas zadziałania przeciążenia zależnego

I – prąd wywołujący przeciążenie

kt – mnożnik czasu charakterystyki zależnej

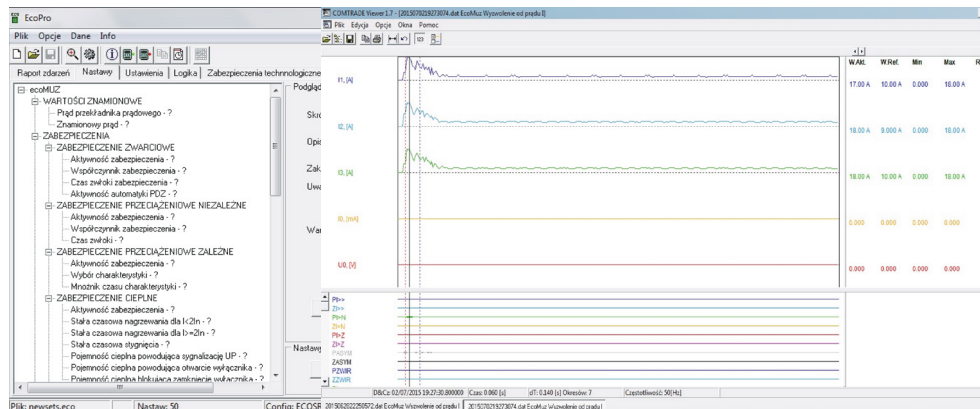
Wprowadzanie nastaw do cyfrowego zespołu zabezpieczeń ecoMUZ-2

Każdy z producentów cyfrowych zespołów zabezpieczeń ma własny, dedykowany program do implementowania nastaw zabezpieczeń, parametrów znamionowych i obsługi wizualizacji. Część z nich jest intuicyjna i prosta w obsłudze, tak jak w przypadku EcoPro dla sterownika ecoMUZ oraz ecoMUZ-2. Bywają również takie, które wymagają głębszego zaznajomienia się z instrukcją obsługi np. ZAZ 2000 dla sterowników firmy Computers & Control. Ostatni grupa, która determinuje monopol do obsługi swoich sterowników w ogóle nie dopuszczając użytkownika do zarządzania cyfrowym zespołem to cała gama produktów firmy Mikronika. Stanowisko dydaktyczne oparte jest na sterowniku ecoMUZ, więc do konfiguracji użyjemy programu EcoPro (rys. 4a), który jest dostępny na stronie producenta.

Włączając program pojawia się sześć zakładek do wyboru:

1. Raport zdarzeń, w którym są widoczne posegregowane w sposób chronologiczny zdarzenia związane z pracą sterownika. Pobudzenie wejść/wyjść, odwzbudzenie wejść/wyjść, pobudzenie zabezpieczeń wraz z przyczyną pobudzenia, zadziałanie zabezpieczeń wraz z przyczyną zadziałania.
2. Nastawy, to miejsce w którym należy wprowadzić wartości znamionowe, a także te, które wywołują zadziałanie zabezpieczeń.
3. Ustawienia, oprócz możliwości zdefiniowania działania wejść/wyjść oraz diod, w tej zakładce można również skonfigurować działanie rejestratora aby w przypadku awarii w łatwy sposób odtworzyć co było przyczyną zaistniałego problemu, a także jakie parametry były w trakcie awarii. W tej zakładce możemy również ustawić parametry do zdalnej obsługi sterownika.
4. Logika, pozwala na rozbudowanie zarządzania sterowaniem o operacje logiczne. W jednym programie można zastosować do 40 elementów takich jak bramki logiczne AND, NAND, OR, NOR, XOR, NOT, rozgałęźniki, timery oraz sygnały tymczasowe. Daje to możliwość zwiększenia funkcjonalności cyfrowego zespołu zabezpieczeń zgodnych z wymaganiami użytkownika.
5. Zabezpieczenia technologiczne, w której można skonfigurować wymagane w procesie technologicznym zabezpieczenia podając na wybrane wejścia sygnały zewnętrzne. Przykładowe zabezpieczenie technologiczne to dodatkowy czujnik temperatury zamontowany na stojanie silnika, który po przekroczeniu zadanej temperatury wysyła sygnał do cyfrowego zespołu zabezpieczeń wyłączając silnik. Zabezpieczenia technologiczne można zaprogramować jako blokadę technologiczną, np. w młynie węglowym jeśli nie została załączona pompa wstępnego smarowania wysyła impuls blokujący do cyfrowego zespołu zabezpieczeń uniemożliwiający załączenie silnika młyna.
6. Rejestrator, za pomocą tej zakładki można pobrać i odtworzyć przez dodatkowy komponent programu o nazwie Comtrade Viewer pliki zapisane w rejestratorze.

Przyczynę wyzwolenia rejestratora ustawia się, jak już wcześniej wspomniano, w zakładce „ustawienia”. Także ten komponent jest bardzo ważnym i przydatnym elementem w programie, co zauważył również producent rozszerzając widok przebiegów prądów fazowych o dodatkowe przebiegi prądu doziemnego, a także napięcia składowej zerowej. Dodatkowo poniżej przebiegów znajdują się zadziałania wejść/wyjść oraz zabezpieczeń naniesione na oś czasu (rys. 4b).



Rys. 4. Widok na menu doboru nastaw programu EcoPro (a) i widok na komponent Comtrade Viewer (b)
 Fig. 4. The view on settings options page in EcoPro program (a) and view on Comtrade Viewer component (b)

Wnioski

Stanowisko dydaktyczne, które zostało opisane służy do zapoznania się z nowoczesną aparaturą elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, a także sposobu działania zabezpieczeń. W pracy zostały również ujęte najważniejsze wskazówki dotyczące zasad projektowania, doboru nastaw dla zabezpieczeń, wyboru przekładników prądowych, a także wyłącznika. Przedstawienie zagadnienia w sposób realny bardziej absorbują uwagę studentów co wpływa na zainteresowanie tematem. Rynek w dziale elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej jest bardzo chłonny ale i równie wymagający, ponieważ trzeba pamiętać, że jest się odpowiedzialnym za zapewnienie ciągłości dostaw energii elektrycznej ale również za życie ludzkie. Mając na uwadze powyższe, w przyszłych latach stanowisko dydaktyczne będzie rozwijane o nowe cyfrowe zespoły z kolejnymi nowymi odbiorcami oraz dopływami, a na przestrzeni kilku lat uda się stworzyć na zasadzie synergii w pełni funkcjonalną, sterowaną zdalnie zminiaturyzowaną stację elektroenergetyczną.

Bibliografia

- [1] Wasiak I.: Elektroenergetyka w zarysie. Przesył i rozdział energii elektrycznej. Łódź: Politechnika Łódzka, 2010.
- [2] Winkler W., Wiszniewski A.: Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2004.
- [3] Żydanowicz J.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, t. I-III, 1979, 1985, 1987.
- [4] Korniluk W., Woliński K.W.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa. Białystok: Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, 2012.

[5] Synal B., Rojewski W., Dzierżanowski W.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa: podstawy. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2003.

[6] Rosołowski E.: Automatyka zabezpieczeniowa układów generacji rozproszonej. Wiadomości Elektrotechniczne 2004 R.LXXII, nr 3, s. 20-22.

[7] Rebizant W.: Metody inteligentne w automatyce zabezpieczeniowej. Prace Naukowe Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej 2004, nr 93, s 168-168.

[8] Smolarczyk A.: Metody testowania przekaźników elektroenergetycznych. Automatyka Elektroenergetyczna 2004, nr 2 (43), s. 22-29.

[9] JM-TRONIK Instrukcja obsługi ecoMUZ-2 s.65

[10] JM-TRONIK Instrukcja obsługi ecoMUZ-2 s. 71

THE USE OF ECOMUZ-2 DIGITAL SECURITY SYSTEM IN PROTECTION OF INDIVIDUAL DEVICES ON THE BASIS OF INDUCTION MOTOR – DIDACTIC STAND

SUMMARY

For many years, the electricity market has been taken with a pinch of salt, all necessary break-downs were repaired, but old and long-serving equipment was not replaced with modern infrastructure that would provide the possibility of unattended operation of the station. This situation changed in 1990s when, in response to the market needs, first digital devices with protection automatics for electrical power engineering were invented. In the modern electric power engineering the main priority is uninterrupted supply of the highest quality electricity to the customer in terms of maintaining symmetry of angles at three-phase voltage, the shape of voltage sinusoid, the voltage frequency and value. This follows directly from Energy Law and growing customer requirements. Therefore, control systems and protective relays, that occupied large spaces in the past, could be replaced with one digital security system and switch. In response to large absorptivity of electric power engineering branch I was presented and discussed the didactic stand which is aimed at learning about modern ecoMUZ-2 control system, blockades, and also with the selection of proper settings for induction motor as well as maintaining sufficient selectivity in the system.

KEYWORDS

protection automatics for electrical power engineering, teaching approach, ecoMUZ-2 driver