

**Maria SZPERKOWSKA<sup>1</sup>, Władysław SIELUK<sup>1</sup>, Robert SZULIM<sup>2</sup>**

**artykuł techniczny**

<sup>1</sup> RELPOL S.A. ZAKŁAD POLON, 65-849 Zielona Góra, ul. Browarna 11

<sup>2</sup> INSTYTUT METROLOGII ELEKTRYCZNEJ, UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI, 65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50

## Wykorzystanie aparatury EAZ do eliminowania niekorzystnych zjawisk w sieciach średnich napięć z generacją rozproszoną

Mgr inż. **Maria SZPERKOWSKA**

Studia wyższe ukończyła na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej w Poznaniu w 1975r. Jest Dyrektorem Generalnym Polonu wchodzącego w skład Relpol S.A. Firma zajmuje się projektowaniem, wytwarzaniem i sprzedażą przełączników elektromagnetycznych, systemów cyfrowych zabezpieczeń, automatyki, pomiarów, sterowania, komunikacji i rejestracji dla stacji elektroenergetycznych SN oraz systemów monitorowania promieniowania radioaktywnego.



e-mail: [Szperkowska.M@relpol.com.pl](mailto:Szperkowska.M@relpol.com.pl)

Dr inż. **Robert SZULIM**

Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrycznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze w 1995r. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Instytucie Metrologii Elektrycznej w Wyższej Szkole Inżynierskiej w Zielonej Górze (obecnie Uniwersytet Zielonogórski). Zajmuje się zagadnieniami związanymi z sieciami komputerowymi, systemami pomiarowo sterującymi, hurtowniami danych oraz zastosowaniem metod sztucznej inteligencji.



e-mail: [R.Szulim@ime.uz.zgora.pl](mailto:R.Szulim@ime.uz.zgora.pl)

**Władysław SIELUK**

Kierownik działu konstrukcyjnego w Zakładzie Polon wchodzącym w skład spółki Relpol S.A. Koordynuje i nadzoruje pracę konstruktorów i programistów opracowujących nowe rozwiązania dla urządzeń produkowanych w firmie, z dziedziny Stacjonarnych Monitorów Promieniowania i Systemów Cyfrowych Zabezpieczeń stosowanych w elektroenergetycznych rozdzielniach średnich napięć.



e-mail: [Sieluk.W@relpol.com.pl](mailto:Sieluk.W@relpol.com.pl)

### Streszczenie

W artykule zaprezentowane zostanie rozwiązanie aparatury EAZ (energetyczna automatyka zabezpieczeniowa) wspomagającej eliminowanie niekorzystnych zjawisk występujących w sieciach średnich napięć wskutek przyłączenia lokalnych źródeł energii, na przykładzie funkcjonalności terminalu polowego CZIP-PRO (1E) produkowanego przez firmę RELPOL S.A. zakład Polon w Zielonej Górze. Opisana będzie budowa urządzenia, specyficzne funkcje zabezpieczeniowe dedykowane do pracy w sieciach rozdzielczych z generacją rozproszoną oraz typowy schemat aplikacyjny.

**Słowa kluczowe:** Generacja rozproszona, zabezpieczenia energetyczne, CZIP-PRO 1E.

### Use of energy protection devices to eliminate negative phenomena in medium voltage networks with distributed generation

#### Abstract

The paper presents the system of elimination of negative phenomena in the medium voltage networks as a result of connecting local energy sources, using the functionality of the energy protection terminal field CZIP-PRO (1E) device produced by RELPOL S.A. division Polon in Zielona Góra. In the Chapter 1 brief introduction to the problem of using local renewable energy sources in public middle voltage energy networks is described. Chapter 2 briefly presents construction of the CZIP-PRO 1E device – Fig.1. Some details of the software modules are described together with the description of graphical user interface functionality based on using LCD touch screen and specialised software modules. Chapter 3 is dedicated to the description of the functionality of the CZIP-PRO device devoted to application of local renewable energy sources like wind, water or solar energy generators. The device works in real-time regime and based on several measurement and calculation based values its protection control decisions are evaluated. Most important current, voltage and frequency based protection functions specific for local energy sources are briefly described. Chapter 4 presents typical application diagram of the CZIP-PRO device to protect local renewable energy generator connected to the middle voltage energetic network – Fig. 2.

**Keywords:** Distributed energy sources protection, CZIP-PRO 1E.

## 1. Wprowadzenie

W ostatnich latach, obserwujemy w Polsce bardzo dynamiczny przyrost liczby zainstalowanych lokalnych źródeł energii elektrycznej, wytwarzanej w oparciu o technologie wykorzystujące zasoby odnawialne. Wśród nich najpowszechniejsze są elektrownie wiatrowe, których według danych Urzędu Regulacji Energetyki, na koniec września 2013 roku zainstalowanych było 795, o łącznej mocy 3 082 MW. Według różnych źródeł, szacuje się że do roku 2020 udział energetyki wiatrowej osiągnie poziom 11-13 GW. Wprowadzenie takiej mocy do publicznych sieci elektroenergetycznych, z dużej liczby rozproszonych źródeł, może być przyczyną wielu niekorzystnych zjawisk w pracy tych sieci. Pogorszenie parametrów jakości energii, niekontrolowane zmiany rozpyły mocy, wahania poziomu napięcia, czy wzrost prądów zwarciovych, to tylko główne problemy z jakimi należy się zmierzyć. Konieczne staje się zatem stosowanie dodatkowych zabezpieczeń, które pozwalają ograniczyć te zagrożenia. Instrumenty wspomagające eliminację problematycznych zjawisk związanych z pracą lokalnych źródeł energii przyłączonych do sieci, omówione zostaną na przykładzie mikroprocesorowego terminala polowego CZIP-PRO(1E), opracowanego i produkowanego przez firmę RELPOL S.A. zakład Polon w Zielonej Górze.

System CZIP-PRO [2] to aparatura zapewniająca kompleksową obsługę stacji rozdzielczych SN w zakresie zabezpieczeń, pomiarów, automatyk, sterowań i komunikacji. Jednym z elementów systemu jest terminal CZIP-PRO(1E) dedykowany do pracy w polach linii odpływowych z przyłączonymi lokalnymi źródłami. Oprócz klasycznych funkcjonalności Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieczeniowej (zabezpieczenia nadprądowe, ziemnozwarciowe), terminal CZIP-PRO(1E) realizuje dodatkowe zabezpieczenia chroniące przed skutkami utraty połączenia lokalnego źródła z systemem elektroenergetycznym oraz niekontrolowaną pracą wyspową.

## 2. Budowa urządzenia

Terminal polowy CZIP-PRO jest złożonym urządzeniem realizującym zadania zabezpieczeniowe, składającym się z wielu wyspecjalizowanych modułów sprzętowych i programowych [4]. Urządzenie pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego czasu rzeczywistego Microsoft Windows CE uruchomionego dla procesora klasy ARM. Takie rozwiązanie umożliwia przygotowanie oprogramowania uruchamianego w urządzeniu w różnych wersjach przeznaczonych dla różnych rodzajów obiektów. Oprogramowanie można w łatwy sposób wymienić np. za pomocą urządzenia PenDrive lub połączenia USB z PC.

Jedną z dostępnych wersji urządzenia prezentowaną w niniejszym artykule, jest wersja 1E przeznaczona do zastosowania w sieciach energetycznych, gdzie stosowana jest generacja rozproszona, np. elektrownie wiatrowe lub wodne. Użytkownik systemu

ma do dyspozycji szereg nastaw determinujących sposób działania urządzenia. Konfigurowanie nastaw może odbywać się lokalnie w urządzeniu za pomocą specjalnie opracowanego modułu programowego realizującego zadania graficznego interfejsu użytkownika – rys. 1. Innym zadaniem modułu interfejsu graficznego jest prezentowanie stanu urządzeń danego pola w sposób graficzny za pomocą aktywnego, dotykowego obrazu synoptycznego umożliwiającego także sterowanie poszczególnymi urządzeniami. Ekran główny posiada także szereg diod sygnalizacyjnych, których działanie jest możliwe do zaprogramowania dla potrzeb użytkownika.



Rys. 1. Terminal CZIP-PRO z uruchomioną aplikacją (1E) do obsługi pola liniowego SN z przyłączonym lokalnym źródłem energii

Fig. 1. Terminal CZIP-PRO running application (1E) to handle the MV line field with attached local energy source

### 3. Najważniejsze funkcje urządzenia

Terminal polowy CZIP-PRO z aplikacją (1E) wyposażony został we wszystkie klasyczne funkcje zabezpieczeniowe stosowane dla linii elektroenergetycznych średnich napięć, z uwzględnieniem specyficznych potrzeb w zakresie zabezpieczeń linii SN z przyłączonymi lokalnymi źródłami energii. Na potrzeby realizacji wszystkich funkcji zabezpieczeniowych urządzenie dokonuje ciągłych pomiarów wartości skutecznych trzech prądów fazowych i napięć oraz składowych zerowych prądów i napięć. Na podstawie wielkości źródłowych wyznaczone są obliczeniowo wartości pochodne. Należą do nich szacowane chwilowe moce trójfazowe czynne i bierne oraz chwilowy tangens kąta fazowego odbioru. Ponadto obliczane są kumulowane, dwukierunkowe energie czynne i bierne w strefach czasowych oraz uśrednione tangensy kątów fazowych dla kierunku wpływu energii.

Podstawowe funkcje zabezpieczeniowe to: trzystopniowe zabezpieczenie nadprądowe od skutków zwarć międzyfazowych

(z charakterystyką operacyjną), grupa zabezpieczeń ziemnozwarciowych według kryteriów do wyboru spośród nadprądowego i admitancyjnych [1]. Aplikacja (1E) dedykowana do pracy w polu linii z przyłączonym lokalnym źródłem, wyposażona została w dodatkowe zabezpieczenia: podnapięciowe, nadnapięciowe, zerowo-nadnapięciowe od skutków zwarć doziemnych, nadczęstotliwościowe, podczęstotliwościowe, kryterium dynamiki zmian częstotliwości  $df/dt$ , kryteria kierunkowe dla zabezpieczeń nadprądowych [3].

Zabezpieczenie nadnapięciowe  $RU>$  działa w nastawianym zakresie od 40 V do 130 V (napięcia po stronie wtórnej przekładników pomiarowych), z nastawianą zwłoką czasową od 0,05 s do 60 s. Zabezpieczenie chroni przed skutkami nadmiernego wzrostu napięcia wskutek awarii układu regulacji napięcia generatora, transformatora lub samowzbudzenia się generatora asynchronicznego.

Zabezpieczenie podnapięciowe  $RU<$  działa w zakresie od 20 V do 110 V, ze zwłoką czasową nastawianą z zakresu 0,05 s do 60 s. Powodem obniżenia napięcia może być odłączenie generatora od sieci systemowej i związany z tym deficyt mocy, lub bliskie zwarcie w zasilanej linii. W obu przypadkach konieczne jest odłączenie lokalnego źródła od linii SN.

Zabezpieczenie zerowo-nadnapięciowe  $RU0>$  działa w zakresie nastaw napięcia  $U0$  od 2 V do 100 V, ze zwłoką czasową wybraną z przedziału 0,05 s do 24 s. Gdy linia zasilana z lokalnego źródła, wskutek zwarcia doziemnego odłączona zostaje od systemu, a po stronie generatora utrzymuje się zwiększona wartość napięcia  $U0$ , zabezpieczenie odłącza generator w czasie przerwy w cyklu SPZ, pozwalając na wygaśnięcie łuku zwarciovego.

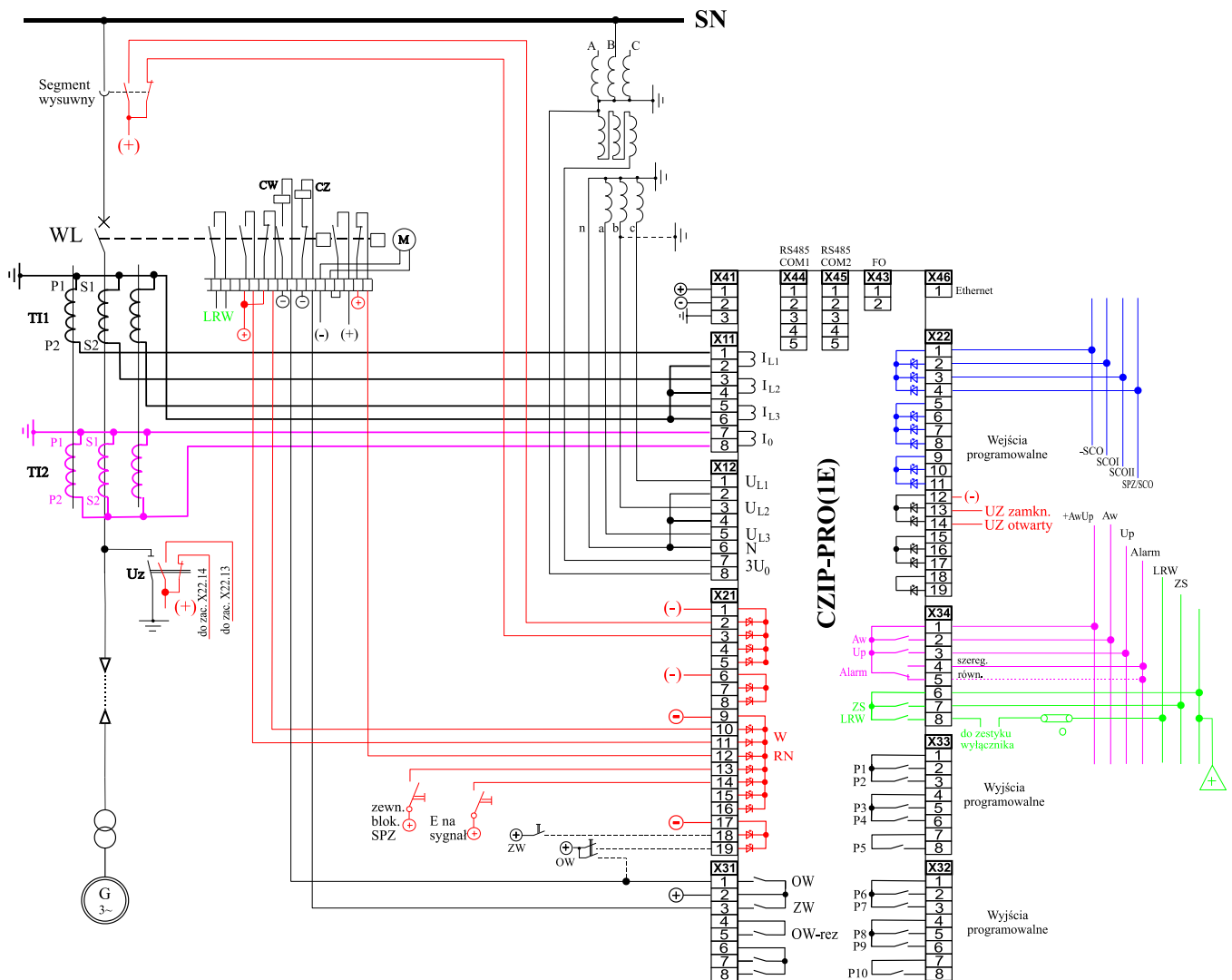
Zabezpieczenie podczęstotliwościowe  $f<$  może działać przy częstotliwości wybranej z przedziału 45,0 do 50,0 Hz, ze zwłoką 0,01 s do 10,00 s. Zabezpieczenie chroni generator przed skutkami przeciążenia wskutek odłączenia linii od systemu i przejścia w tryb pracy wyspowej, a także od pracy przy obniżonej częstotliwości w czasie awarii systemowej. W pewnych warunkach skuteczniejszym i szybszym może się okazać kryterium dynamiki zmiany częstotliwości  $df/dt$  z możliwością zadziałania w zakresie 0,01 Hz/s do 25,00 Hz/s, które jednak wykazuje dużą wrażliwość na kołysania częstotliwości.

Zabezpieczenie nadczęstotliwościowe  $f>$ , z nastawą częstotliwości rozruchowej z zakresu 50,00 Hz do 55,00 Hz i zwłoką czasową od 0,01 s do 10,00 s. Wskutek odłączenia linii od systemu, następuje gwałtowne odciążenie generatora i nadmierny wzrost częstotliwości. W takich okolicznościach zadaniem zabezpieczenia jest wyłączenie generatora. Podobnie jak w przypadku zabezpieczenia podczęstotliwościowego, tu też dysponujemy dodatkowym kryterium pochodnej częstotliwości  $df/dt$ .

Kryteria kierunkowe zabezpieczeń nadprądowych. Dla każdego z trzech stopni zabezpieczeń nadprądowych  $I>$ ,  $I>>$ ,  $I>>>$ , możliwe jest zdefiniowanie kierunku przepływu mocy, dla którego zabezpieczenie ma być aktywne. Kryteria te można wykorzystywać do kontroli kierunku przepływu mocy podczas zwarć i tym warunkować decyzję o wyłączeniu. Dla każdego z powyższych zabezpieczeń możliwe jest aktywowanie autonomicznej automatyki SPZ, pozwalającej na automatyczne załączenie po ustąpieniu zakłócenia.

### 4. Przykład zastosowania

Terminal polowy CZIP-PRO z aplikacją (1E) dedykowaną do pracy w polu linii SN z przyłączonym lokalnym źródłem energii, wyposażony jest w komplet instrumentów z zakresu elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej. Na Rys.2. przedstawiony został przykładowy schemat aplikacyjny, obrazujący lokalizację przekładników pomiarowych, rozproszanie sygnałów binarnych oraz topologię wyjść sterujących. Schemat przedstawia umiejscowienie terminala CZIP-PRO w stacji rozdzielczej SN w polu przyłączeniowym linii z lokalnym generatorem w głębi sieci.



Rys. 2. Schemat aplikacyjny dla pola liniowego z przyłączonym lokalnym źródłem energii

Fig. 2. Application diagram for line field attached to local renewable energy source

Pakiet funkcji zabezpieczeniowych jakie udostępnia CZIP-PRO, pozwala również na instalację terminala bezpośrednio przy lokalnym generatorze. Dzięki bogatemu wyposażeniu w szereg standardowych interfejsów komunikacyjnych i obsługi protokołów komunikacyjnych, z łatwością można monitorować pracę urządzenia, zdalnie konfigurować parametry zabezpieczeniowe, jak również dokonywać zdalnych operacji łączeniowych w polu. Wraz z urządzeniem dostarczane jest wielofunkcyjne oprogramowanie inżynierskie CZIP-SET, dające ponadto możliwość pobierania z urządzenia i analizowania danych z rejestratora zakłóceń i dziennika zdarzeń, w które standardowo są wyposażane urządzenia. Urządzenie wyposażone jest w zestaw typowych interfejsów komunikacyjnych, jak RS485/422 oraz Ethernet co umożliwia dołączenie go do systemów klasy SCADA wykorzystywanych w rozdzielniach oraz zdalny nadzór nad ich pracą.

## 5. Podsumowanie

Dynamiczny rozwój generacji rozproszonej stanowi duże wyzwanie dla architektów i nadzoru sieci systemowych i rozdzielczych, szczególnie w zakresie zapewnienia właściwej współpracy z lokalnymi źródłami i eliminacji wynikających z tego szkodliwych zjawisk.

Z opisanych powyżej przykładów wynika jednak, iż służby inżynierskie decydujące o warunkach przyłączania rozproszonych źródeł energii do sieci rozdzielczych i przesyłowych, mają dziś do dyspozycji szereg zaawansowanych instrumentów pozwalających w sposób optymalny dla każdego warunków, przyłączać lokalne źródła energii, bez względu na ich wydajność mocową jak i technologię wytwarzania energii. Natomiast zadaniem konstruktorów aparatury EAZ, jest maksymalne wykorzystanie dynamicznego postępu w zakresie elektroniki cyfrowej i informatyki, w nieustannym doskonaleniu narzędzi wspomagających bezkolizyjną współpracę wielkiej energetyki systemowej z tysiącami rozproszonych źródeł energii.

## 6. Literatura

- [1] Lorenc J.: Admitancyjne zabezpieczenia ziemnozwarciowe, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2007.
- [2] Relpol S.A., System CZIP-PRO karta informacyjna.
- [3] Korniluk W., Woliński K.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, 2012.
- [4] Szperkowska M., Sieluk W., Szulim R.: Zintegrowany cyfrowy system zabezpieczeń i pomiarów dla rozdzielni średniego napięcia, Pomiar, Automatyka, Kontrola, 2012, vol. 58.