

# **System Zdalnego Sterowania i Nadzoru w Sieciach Średnich Napięć**

*ZPUE S.A. we Włoszczowie*

*Biorąc pod uwagę usprawnienie przełączeń planowych oraz skrócenie czasów usunięcia awarii w oparciu o dotychczasowe doświadczenia własne i spółek dystrybucyjnych opracowano, a następnie zrealizowano instalacje punktów rozłącznikowych sterowanych radiowo, z założeniem zdalnego nadzoru nad siecią napowietrzną średnich napięć (SN). Automatyzacja procesów łączeniowych polega na wykorzystaniu możliwości technicznych rozłączników, informacji o przepływie prądów zwarciovych oraz zaniku napięcia na linii. Na podstawie prostego algorytmu, w zależności od spełnienia warunków, ciąg przesyłowy może zostać wyłączony lub przełączony automatycznie lub zdalnie. W referacie przedstawiono różne systemy zdalnego nadzoru punktów rozłącznikowych sterowanych radiowo wyposażonych w rozłączniki napowietrzne typu THO 24(36).*

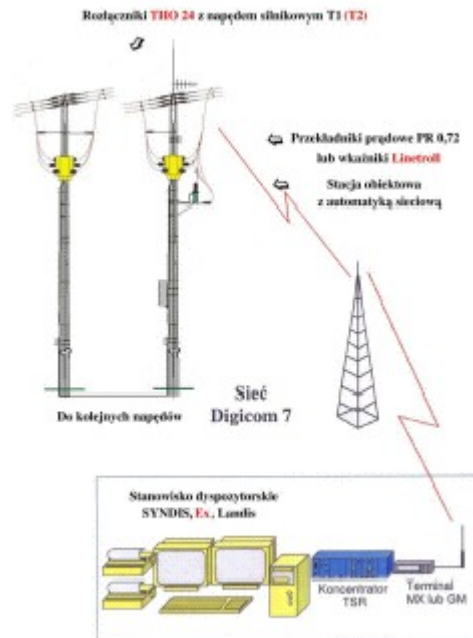
## **WSTĘP**

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klientów i zarazem dążąc do realizacji podstawowego celu swej działalności, tj. dostarczenia energii elektrycznej o właściwej jakości do odbiorcy, energetyka zawodowa modernizuje i unowocześnia rozwiązania stosowane w liniach przesyłowych. Skrócenie przerw w dostawach energii dostarczanej za pośrednictwem napowietrznej sieci ŚN znalazło się w centrum zainteresowania wielu Zakładów Energetycznych. Coraz częściej prace w ośrodku dyspozytorskim (RDR) usprawniają zainstalowane w głębi sieci odłączniki, rozłączniki wyposażone w napędy elektryczne sterowane radiowo, co daje możliwość telemechanizacji procesów łączeniowych przy lokalizacji uszkodzeń i zmianach konfiguracji sieci. Jest to niewątpliwie efektywny sposób usprawnienia eksploatacji sieci ŚN, docelowym jednak rozwiązaniem jest automatyzacja tych procesów, a to pozwala na dużo lepsze wykorzystanie możliwości sprzętowych, zarówno w zakresie telemechaniki, jak i parametrów łączeniowych stosowanych urządzeń.

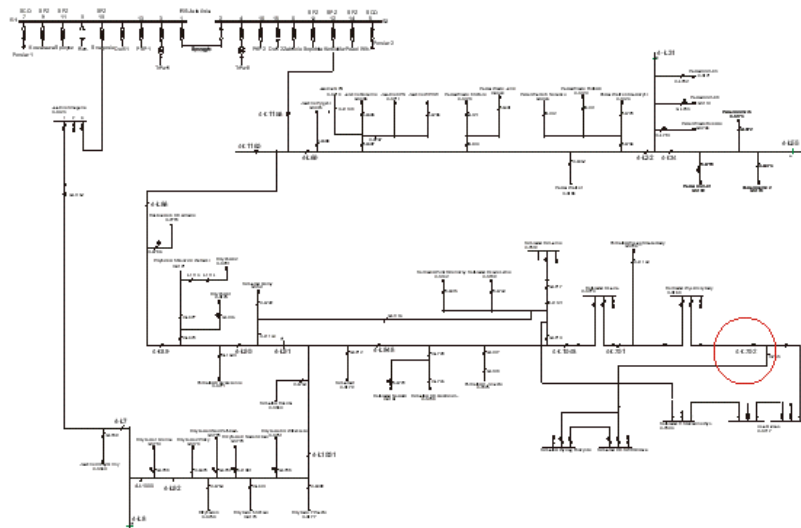
Przedmiotem referatu jest pomysł wykorzystania rozłączników zdalnie sterowanych wyposażonych w system lokalizacji miejsc zwarcia do wyłączania lub przełączania ciągów przesyłowych w trakcie przerwy beznapięciowej SPZ w liniach napowietrznych średnich napięć.

## **I. CHARAKTERYSTYKA ELEMENTÓW SYSTEMU ZDALNEGO NADZORU NAD SIECIAMI ELEKTROENERGETYCZNYMI W LINIACH NAPOWIETRZNYCH ŚREDNICH NAPIĘĆ**

Schemat ideowy systemu zdalnego nadzoru nad sieciami elektroenergetycznymi przedstawiono na rys. 1. Lokalizację punktu rozłącznikowego z systemem zdalnego nadzoru nad w sieci przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Schemat ideowy systemu



Rys. 2. Przykład lokalizacji punktu rozłącznikowego, z automatycznym nadzorem

Instalacje wykonano w oparciu o urządzenia przy założeniu wymogów technicznych:

- rozłączniki do sterowania radiowego z możliwością wielokrotnego łączenia prądów znamionowych,
- napędy silnikowe-zasobnikowe umożliwiające migowe rozłączenie (w czasie  $t = 0,1s$ ) w czasie przerwy beznapięciowej w cyklu SPZ,

- rozłącznik i napęd przystosowany do pracy w warunkach trudnych (szadź i oblodzenie) z ograniczonym dostępem (np. w rejonach górskich),
- sygnalizator zwarć (lub przekładniki prądowe) umożliwiający identyfikację prądów zwarciowych międzyfazowych i doziemnych w sieciach napowietrznych,
- układ automatyki umożliwiający monitoring parametrów sieci w zakresie prądu i napięcia i powiązanie sygnalizacji przychodzących z przekładników (sygnalizatorów zwarć) z automatyką SPZ,
- system łączności umożliwiający stałą bezprzerwową łączność.

## 1. Rozłącznik napowietrzny typu THO 24(36)

Podstawowym elementem systemu jest punkt rozłącznikowy wyposażony w rozłącznik napowietrzny typu THO 24(36), który jest przystosowany do sterowania drogą radiową [4]. Aparaty typu **THO** i **THO/T** [3] przeznaczone są do rozłączania prądów znamionowych do 630 A, oraz uziemiania (THO/T) obwodów w napowietrznych (lub napowietrzno-kablowych) sieciach elektroenergetycznych. Urządzenia te są niezwykle trwałe i niezawodne, gdyż ich wszystkie elektrycznie aktywne elementy pracują w środowisku SF<sub>6</sub>. Dzięki temu nie są one narażone na działanie warunków atmosferycznych (deszczu, śniegu, szadzi, wiatru, itp.), oraz na zanieczyszczenia i uszkodzenia powodowane przez ptaki. W przeciwieństwie do napowietrznych rozłączników w izolacji powietrznej aparaty te gwarantują trwałość 5000 cykli roboczych, bez konieczności wymiany jakichkolwiek elementów (np. komór gaszeniowych, styków migowych, itp.). W połączeniu z nowoczesnym i niezawodnym systemem sterowania i nadzorowania radiowego dają gwarancję kilkudziesięcioletniej pracy bez potrzeby dokonywania kłopotliwych przeglądów, regulacji i konserwacji, co jest szczególnie istotne w rozległych sieciach napowietrznych.

Głównym składnikiem aparatów THO i THO/T jest rozłącznik TH12 zamknięty w szczelnym zbiorniku ze stali nierdzewnej, wypełnionym gazem SF<sub>6</sub>. Zbiornik spełnia kryteria szczelności zgodne z normą [2], powtórne napełnianie nie jest wymagane podczas normalnego funkcjonowania rozłącznika.

### *Podstawowe dane techniczne rozłącznika THO 24(36):*

Napięcie znamionowe	24 kV	36 kV
Napięcie wytrzymałowe o częstotliwości sieciowej		
- do ziemi i międzyfazowo	50 kV	70 kV
- bezpiecznej przerwy izolacyjnej	60 kV	80 kV
Napięcie udarowe piorunowe wytrzymałowe:		
- do ziemi i międzyfazowo	125 kV	170 kV
- bezpiecznej przerwy izolacyjnej	630 A	630 A
Prąd znamionowy wyłączalny w obwodzie bezindukcyjnym	630 A	630 A
Prąd znam. wyłączalny w obw. o małej indukcyjności	30 A	30 A
Prąd znamionowy wyłączalny ładowania kabli	50 A	50 A
Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymałowy	16 kA (1 s)	16 kA (1 s)
Prąd znamionowy szczytowy wytrzymałowy	40 kA	40 kA
Odporność na działanie łuku wewnętrznego	40kA/16kA(0,5s)	
40kA/16kA(0,5s)		
Częstotliwość znamionowa	50 Hz	50 Hz
Temperatura pracy	-30°C, +50°C	-30°C, +50°C

*Atest Instytutu Energetyki nr: 0426/LAR/01.*

- **Napędy silnikowe elektryczno – pneumatyczne**

Zastosowano prosty i niezawodny mechanizm sprężynowy, zapewniający migowe załączanie i wyłączanie rozłącznika i uziemnika. Może on być wyposażony w silnik małej mocy (160 W 24 V=), oraz komplet styków sygnalizacyjnych (stanów położenia rozłącznika, oraz stanu gazu SF<sub>6</sub>). Mechanizm elektryczny przystosowany jest do współpracy ze wszystkimi systemami sterowania i nadzorowania drogą radiową.

Napęd elektryczny może być wykonany w dwóch wersjach tj.:

- napęd T-1 - standardowy z czasem zadziałania 6 - 8 s,
- napęd T-2 – zasobnikowy z czasem zadziałania na wyłącz ≤0.1 s.

Zarówno mechanizm sprężynowy, jak też silnik, styki pomocnicze i wskaźnik położenia rozłącznika przymocowane są do zbiornika rozłącznika i współpracują bezpośrednio z jego głównym wałem roboczym. Eliminuje to możliwość ingerencji w aparat osobom niepowołanym, oraz do minimum ogranicza możliwość uszkodzenia go przez wandalii.

**Parametry techniczne napędu silnikowego T-1 i T-2**

Typ parametru	Poziom / miano	Zakres / czy posiada
Moc silnika (slink szeregowy prądu stałego)	W	160
Napięcie zasilania silnika	V DC	24
Napęd ręczny	Obrotowy -dwupołożeniowy	TAK
Blokada monterska	mechaniczna	TAK
Przełącznik rodzaju pracy napędu: zdalne-lokalne-wyłączony	Przełącznik obrotowy	W szafie
Przyciski do lokalnego elektrycznego sterowania	ZAŁ.-WYŁ.	W szafie
Sygnalizacja położenia	z krańcówek na wale głównym rozłącznika	TAK
Wymiary	mm (szer/wys/gł)	-
Masa	kg	27
Czas działania (zasobnik)	s	dla T-1 6-8s. dla T-2 załęcz-4-6/rozłącz-0,1s
Miejsce zabudowy	Napęd silnikowy	na wale głównym rozłącznika – bezpośrednio pod rozłącznikiem

## 2. Sygnalizatory zwarć

- **Wskaźniki zwarć i doziemień Linetroll 3000 lub SZN firmy Softin Wrocław**

Są programowanym czujnikiem prądu zwarcia do wykrywania zwarć doziemnych i zwarć fazowych w sieciach dystrybucyjnych linii napowietrznych. Wskaźniki umieszczone poniżej miejsca zwarcia pozostają nieczynne. Wskaźnik może być elementem dowolnego typu układu zdalnego nadzoru. Urządzenie działa indukcyjnie bez jakiegokolwiek galwanicznego połączenia z wysokim napięciem linii. Jest montowane na słupach poniżej przewodów w odległości 3,5 m. Można go zaprogramować do pracy w różnych typach sieci napowietrznych. Wskaźnik składa się z:

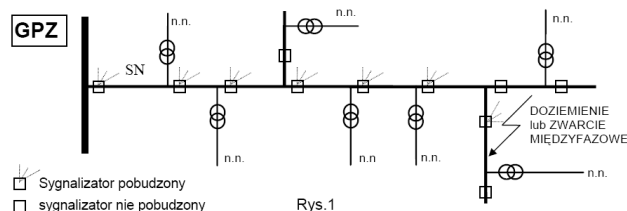
- czujnika indukcyjnego, który wykrywa pole elektryczne i magnetyczne,
- układu przetwarzania, który analizuje sygnały pochodzące z czujników,
- pamięci, która przechowuje wykryty sygnał zwarcia,
- układu programowania zapewniający wybór trybu pracy,
- układu sygnalizacji, który steruje stykami przekaźnika,
- sygnalizacji dźwiękowej – optycznej aktywowanej po zadziałaniu wskaźnika.

Wykrywanie zwarcia przez wskaźnik jest oparte na identyfikacji pola elektromagnetycznego poniżej przewodów. Urządzenie jest w pełni samodzielnie, nie są wymagane zewnętrzne transformatory lub dodatkowe połączenia. Aby określić, czy linia jest uszkodzona wskaźnik szuka określonej sekwencji na linii.

Ogólna sekwencja to:

- linia powinna być zasilana przez przynajmniej 3 sekundy,
- prąd liniowy powinien szybko wzrosnąć powyżej wartości ustalonej (nominalny poziom wyłączenia samoczynnego),
- linia powinna mieć wyłączone napięcie.

*Schemat poglądowy układu z sygnalizatorami*



#### • Przekładniki prądowe SN typu PR-0,72 300 – 600 /1(5) 5VA, klasy 0,5, FS10

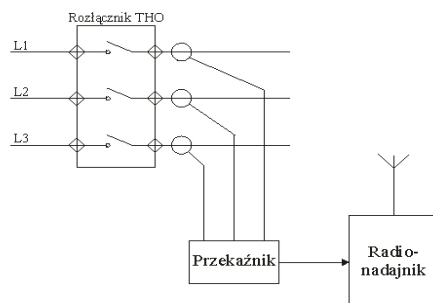
Punkt rozłącznikowy może być wyposażony w napowietrzne, przekładniki prądowe. Przekładniki zaprojektowane zostały tak, aby można było je zamontować na obudowie rozłącznika THO w trzech fazach osobno na przepustach rozłącznika. Przekładniki są typu przelotowego – bez uzwojenia pierwotnego. Uzwojenie pierwotne stanowi przepust rozłącznika. Przekładniki mają budowę hermetyczną – rdzeń z uzwojeniem umieszczony jest wewnątrz odlewu wykonanego z kauczuku silikonowego. Przekładnik posiada jedno uzwojenie wtórne. Przekładniki odizolowane są od napięcia SN.

#### *Podstawowe dane techniczne przekładników PR-0,72 [1]:*

Napięcie znamionowe	0,66 kV
Najwyższe dopuszczalne napięcie przekładnika	0,72 kV
Znamionowe napięcie probiercze izolacji 50 Hz	3 kV
Znamionowy krótkotrwały prąd cieplny 1 sek	30 kA
Znamionowy prąd szczytowy	75 kA
Znamionowy prąd pierwotny	300-600 A
Znamionowy prąd wtórny	1-5 A
Ilość uzwojeń wtórnych	1 ----
Moc znamionowa	5 VA
Klasa dokładności	5P ALF5
Masa przekładnika	ca 2 kg

Atest Instytutu Energetyki nr: EWP/01/E/2004.

Przekładniki są połączone w układ Holmgreena, w celu pozyskania informacji o składowej zerowej prądu.



Rys. 4 Budowa systemu:

- przekładniki prądowe zainstalowane na izolatorach przepustowych rozłącznika THO umożliwiające kontrolę przepływającego prądu,
- przekaźnik umożliwiający dokonywanie progowych nastaw wartości prądu
- transmisja danych drogą radiową przy zastosowaniu istniejącego systemu.

### 3. Sterowanie i automatyka – obwody wtórne

Do łączności między obiektami tj. między RDR-ami, a sterownikami rozproszonymi w terenie (stacjami obiektowymi) wykorzystana została funkcjonująca w większości Zakładów Energetycznych w Polsce sieć łączności trunkingowej DIGICOM 7 produkcji Alcatel. Łączność trunkingowa realizowana jest w paśmie zawierającym się w przedziale około 417-429 MHz. W stacjach obiektowych lub sterownikach montowane są terminale (radiotelefony) trunkingowe wraz z antenami.

Alternatywnie od kilku lat wzrosło wykorzystanie sieci telefonii komórkowej, dostępnych operatorów GSM, GPRS – pozwalające na budowanie sprawniejszych i zarazem tańszych łącz (w związku z powszechnością wspomnianych usług)

#### • Elementy systemu sterowania firmy Elkomtech Łódź

Jako element wykonawczy w telemechanice można zastosować sterowniki firmy Elkomtech Łódź, które wraz z wyposażeniem centrum dyspozytorskiego i oprogramowaniem stanowią system wspomaganie pracy dyspozytora RDR - Wind EX. Telemechanika Ex-ML jest przeznaczona do obsługi małych obiektów o limitowanych potrzebach w zakresie ilości wejść i wyjść. Jednocześnie umożliwia ona włączenie w system telemechaniki i zdalnego nadzoru różnych nietypowych urządzeń i usług. Telemechanika Ex-ML ma charakter modułowy. Pojedyncze moduły o niewielkich rozmiarach łączone są ze sobą poprzez szynę DIN (moduły podstawowe) lub poprzez magistralę typu LON™ (Local Operating Network) (moduły usługowe). W skład systemu wchodzi moduły łączności, wejść i wyjść binarnych, liczniki impulsów, pomiarowe oraz automatyki sieciowej i zabezpieczeniowej.

#### **Sterownik Ex-ML-C1 wersja minimalna**

Sterownik Ex-ML-C1 składa się z zestawu modułów podstawowych:

- modułu zasilacza ML\_PS24,
- modułu komunikacyjny ML\_NG\_ - T (tranking) lub G (GSM/GPRS)

- modułów peryferyjnych ML\_CMB;

Moduł peryferyjny zawiera 5 wejść sygnalizacji i 3 wyjścia sterujące. Sterownik może być wyposażony maksymalnie w 8 modułów peryferyjnych. Zadaniem sterownika jest odpytywanie innych sterowników pracujących w systemie Ex-ML, odczyt sygnalizacji z obiektu i wykonywanie sterowań. Łączność sterownika z systemem Ex prowadzona jest za pomocą radiotelefonu trunkingowego lub modułów GSM/GPRS.

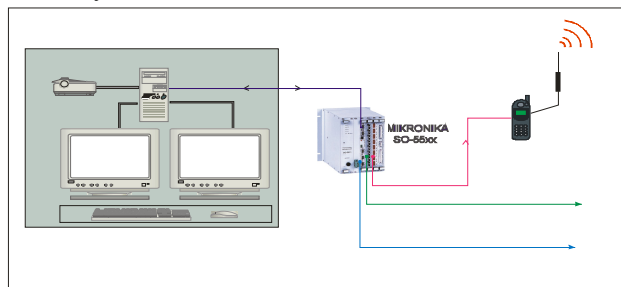
Sterownik Ex-ML\_C1 poprzez moduł ML\_CMB współpracuje z automatyką sieciową Ex-ML\_NBAS lub innymi zewnętrznymi modułami automatyki. Moduły automatyki sieciowej Ex-ML\_NBAS służą do wykrywania przepływu prądu zwarciego w linii średniego napięcia, sygnalizowania tego zjawiska i umożliwia podjęcie akcji w zależności od warunków zwarcia i wybranego trybu pracy:

- odłączenie w przerwie SPZ,
- wyłączenie,
- wykonanie cyklu SPZ w przypadku doziemienia i odłączenie w przerwie SPZ przy zwarcu fazowym,
- wykonanie zdalnego polecenia sterowniczego: załączenia i wyłączenia odłącznika.

Ex-ML\_NBAS wyposażony jest w zmiennoprądowe wejścia napięciowe i musi współpracować z zewnętrznym konwerterem prądu na napięcie. Moduł kontroluje przepływ prądu w trzech fazach, symetrię prądów fazowych oraz dyskryminuje prąd udarowy występujący podczas załączenia linii. Sygnalizacja stanu pracy modułu oraz wartości pomiarów prądów fazowych przesyłane są za pośrednictwem magistrali LON do sterownika Ex-ML\_NG-T(G) który może obsłużyć do czterech modułów EX-ML\_NBAS. Wszystkie dane w ustalonych sekwencjach przesyłane są do systemu dyspozytorskiego.

#### • Sterowniki firmy Mikronika Poznań

Elementem wykonawczym w telemechanice są w przypadku firmy Mikronika stacje obiektowe typu SO-1(4)\_THO wyposażone zależnie od przeznaczenia w sterowniki SO1(4)-LTUP dla prostych układów sterowniczych lub sterowniki SO 52v11-MR dla układów rozbudowanych o monitoring sieci i automatykę. Wyposażenie centrum dyspozytorskiego stanowią w tym przypadku analogiczne do ww. sterowniki które wraz z oprogramowaniem stanowią system wspomaganie pracy dyspozytora RDR - Syndis



Rys.5. Elementy składowe systemu firmy Mikronika

- automatyka sieciowa w systemie firmy Mikronika może być realizowana np. z wykorzystaniem : modułów automatyki SPPZ 21.2 Instytutu Tele- i Radiotechnicznego w Warszawie

Urządzenie SPPZ-21.2 przeznaczone jest do sygnalizacji przepływu prądów zwarć międzyfazowych i/lub doziemnych w linii napowietrznej lub kablowej średniego napięcia w sieci izolowanej lub uziemionej przez rezystor. Może współpracować z przekładnikami prądowymi 600-300/1(5) połączonymi w układ Holmgrena. Kontroluje trzy prądy fazowe oraz potrójną wartość składowej zerowej i sygnalizuje przekroczenie progu jednej lub obu tych wartości.

Podstawowe funkcje, które są realizowane przez SPPZ-21.2 to:

- sygnalizacja zwarć międzyfazowych z nastawą (od 20A do 400A z rozdzielczością 10A)
- sygnalizacja zwarć doziemnych z nastawą (od 10A do 50A z rozdzielczością 1A)
- zapamiętanie ostatniego stanu awaryjnego do momentu skasowania (lokalnie lub zdalnie)
- współpraca z układami telemechaniki.

Urządzenie wyposażone jest w cztery tory prądowe ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_0$ ), wejście dwustanowe beznapięciowe i dwa wyjścia dwustanowe beznapięciowe (stykowe). Wejście dwustanowe beznapięciowe służy do zdalnego kasowania zdarzeń awaryjnych (zwarcia w sieci). Uaktywniane jest poprzez zwarcie styku normalnie otwartego. Wyjścia dwustanowe (stykowe, normalnie otwarte) służą do sygnalizacji przekroczenia progów nastaw  $I_{>>}$  i  $I_0>$ . Styki pozostają zwarte aż do momentu skasowania urządzenia.

**- lub : z wykorzystaniem modułu MiROD-1 Instytutu Energetyki w Warszawie**

Innym sposobem automatyzacji punktów rozłącznikowych jest rozwiązanie kompaktowe typu MiROD. Jest to urządzenie zabezpieczająco-sterownicze wykonane w technologii cyfrowej z wykorzystaniem programowalnych mikroprocesorów. W oparciu o skąplikowane algorytmy kontrolne i pomiarowe współpracuje z telemechaniką obiektową oraz steruje rozłącznikiem słupowym i kontroluje jego stan. Informację o prądach pozyskiwane są z napowietrznych przekładników prądowych wg. pkt 2.2.2

Zasada działania zabezpieczenia MiROD polega na tym, że urządzenie po stwierdzeniu istnienia zwarcia za punktem rozłącznikowym, zapamiętuje ten fakt i czeka na działanie automatyki SPZ. Wyłączenie rozłącznika następuje w drugiej lub trzeciej przerwie SPZ w zależności od strefy lokalizacji punktu rozłącznikowego. Istnienie zwarcia w zabezpieczanym odcinku sieci stwierdzają następujące zabezpieczenia: nadprądowe bezzwłoczne, nadprądowe zwłoczne, nadprądowe ziemnozwarciowe. Zabezpieczenie nadprądowe blokuje automatyczne otwarcie rozłącznika w przypadku przepływu prądu zwarciovego. Urządzenie może być ustawione w trybie blokady automatycznego otwierania rozłącznika, a wtedy pełni funkcję sygnalizatora przepływu prądu zwarciovego (podobnie jak prostsze urządzenie SPPZ 21.2).

**Polecenia przekazywane radiem z RDR do MiROD:**

- sygnał załącz – wyłącz
- sygnał blokowania automatyki samoczynnego otwierania rozłącznika, jest to potrzebne przy zmianie konfiguracji sieci, urządzenie pełni wtedy funkcję sygnalizatora przepływu prądu zwarciovego
- kasowanie sygnalizacji zadziałania zabezpieczeń, w przypadku działania zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych sygnał „załącz” jest blokowany, kasując sygnalizację można zdjąć również tą blokadę
- zmiana banku nastaw (do wprowadzenia 2-wie konfiguracje zależnie od aktualnegoukładu sieci )



### **Funkcje spełniane zdalnie przez MiROD w punkcie rozłącznikowym:**

- odbiera i wykonuje polecenia przekazywane drogą radiową,
- monitoruje pracę rozłącznika, wszystkie informacje dotyczące stanu rozłącznika dostępne są lokalnie jak i w RDR,
- realizuje funkcję automatycznego wyłączenia uszkodzonego odcinka linii, identyfikacja uszkodzenia dokonuje się na podstawie działania zabezpieczeń
- w przypadku zablokowania funkcji automatycznego eliminowania uszkodzonego odcinka linii pełni funkcję sygnalizatora przepływu prądów zwarciovych,
- udostępnia bieżącą informację o wartości i symetrii prądów (znaczną zmianę obciążenia lub brak symetrii prądów może świadczyć o uszkodzeniu transformatorów 15/0,4kV w danym odcinku sieci, jest to istotne w okresach burzowych,
- zapisuje wszystkie najważniejsze zdarzenia.

## **II. WYBRANE PRZYKŁADY REALIZACJI SYSTEMÓW ZDALNEGO NADZORU NAD SIECIAMI SN**

- **Zakład Energetyczny Bielsko-Biała (obecnie grupa ENION o/Bielsko) instalacja z roku 2001.**

Zakład Energetyczny Bielsko-Biała obsługuje sieci 15kV zasilające miasto Bielsko-Biała oraz przyległe do granic miasta gminy. Sieć 15kV Zakładu Bielsko-Biała nie jest siecią zbyt rozległą, najdalsze przeciwległe stacje transformatorowe są oddalone od siebie o około 22 km, a ich lokalizacja to głównie tereny miejskie i podmiejskie. Jednak ze względu na położenie miasta Bielska u podnóża gór występują pojedyncze ciągi liniowe SN przebiegające przez zalesione tereny górskie. Jednym z takich ciągów jest ciąg 15kV Łęgowa w GPZ Mikuszowice. Jest to ciąg kablowno-napowietrzny zasilający 4 stacje wewnątrz i 14 stacji napowietrznych, około 1,7km linii kablowej i około 9km linii napowietrznej, z czego 2,4km to linia napowietrzna idąca w zalesionym terenie górskim o bardzo trudnym dostępie zasilająca końcowe dwie stacje transformatorowe zasilające kilka budynków, schronisko PTTK i radiową stację nadawczą. Pozostałe stacje transformatorowe na ciągu liniowym Łęgowa zasilają tereny miasta Bielska o dużej gęstości zabudowy - całą dzielnicę Straconka i część Mikuszowic. Obciążenie ciągu to 55A w zimie, 30A latem.

W przeciągu ostatnich lat, na skutek niekorzystnych warunków atmosferycznych (zimą, znaczne opady śniegu, szadź, oblodzenia przewodów) na ciągu Łęgowa występowały częste awaryjne wyłączenia (jesień-zima 2001-2002 to około 10 wyłączeń awaryjnych). Na skutek lokalizacji uszkodzeń okazywało się, że występowały one prawie zawsze na końcowym, leśnym odcinku linii 15kV i zabezpieczenia działające w polu w GPZ-cie na czas awarii pozbawiały zasilania wielu odbiorców.

Poniżej przedstawiono jeden z najprostszych systemów zdalnego nadzoru nad sieciami SN, który tam zastosowano, opracowany wspólnie przez ZPUE S.A. oraz Beskidzką Energetykę (Zakład Automatyki Elektroenergetycznej, Zakład Energetyczny Bielsko-Biała i Zakład Energetyczny Żywiec). W linii SN „ Straconka ” zainstalowano 10.07.02r. w końcowym odcinku punkt rozłącznikowy nr 1521.

Parametry GPZ Mikuszowice 110/15/6 kV - pole 15 kV nr. 26 Osiedle Łęgowa :

- zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne : RIT -20 :  $J = 195/6,5A/A:t=0,8s$ ,

- zabezpieczenie nadprądowe bezzwłoczne: RIT-213: J=480/16A/A, t=0,25s,
- zabezpieczenie ziemnozwarciowe: RYGo: Go=0,8mS, Yo=3,0mS, t=1,0s, nastawione na wyłączenie pola :
- automatyka SPZ: RPZ- U23 : czas przerwy beznapięciowej : t=1,0s,
- automatyka SPZ uruchamiana jest od wyłączenia wyłącznika przez zabezpieczenie ziemnozwarciowe,
- rozdzielnia 15 kV wyposażona jest w automatykę wymuszania składowej czynnej. Wykorzystano rozłącznik THO 24 z napędem zasobnikowym T-2 (czas zadziałania na wyłącz : 0,1s).

Układ Wyłączający Współpracujący z Automatyką SPZ (UWWA) (opracowany przez Energetykę Beskidzką) składa się z:

- przekaźnika czasowego : RTx-210: t= 1,2 s
- przekaźnika podnapięciowego : SCHRACK URU20101: Us=82%Un,
- przekaźnika pomocniczego Relpol : RM 94P-24,
- automatu bezpiecznikowego: FAEL PS350,

Układ sterowania rozłącznikiem Ex-ML-C1, UWWA, baterie akumulatorów oraz zasilacz do ładowania akumulatorów zabudowano w szafie obiektowej SO-5 umieszczonej na stanowisku słupowym.

Zastosowano wskaźnik przepływu prądów zwarciovych typu : LineTroll 3000, prąd obciążenia: około 6A, odległość od przewodów 15 kV : 3m.

Wskaźnik impulsuje na rozłączenie rozłącznika linii 15 kV, Układ Wyłączający Współpracujący z Automatyką SPZ pobudza się po zadziałaniu wskaźnika przepływu prądów zwarciovych i po potwierdzeniu zaniku napięcia w przerwie beznapięciowej SPZ w cyklu SPZ, następnie podawany jest impuls na otwarcie rozłącznika. Czas zadziałania t = 1,2 s określono do nastaw wyłącznika w punkcie zasilającym.

Analogiczny do opisanego układ zabudowano w tym samym czasie w innym Zakładzie Beskidzkiej Energetyki tj. w ZE Żywiec, punkt rozłącznikowy zlokalizowany jest w znanej wszystkim miłośnikom „białego szaleństwa” miejscowości Korbelów u stóp masywu Pilska.

Punkt rozłącznikowy pełni rolę łącznika zapewniającego rezerwowe zasilani dwóch linii ;

- Linia Jeleśnia o długości 27 km , zasilająca 51 stacji transformatorowych, średnie roczne obciążenie linii 180A(zima) , 120A (lato),
  - Linia Korbielów o długości 36 km , zasilająca 70 stacji transformatorowych, średnie obciążenie roczne linii 70A(zima) , 50A (lato),
- W obu przypadkach instalacje przyczyniły się do skrócenia czasu wyłączeń awaryjnych i usprawnienia elastyczności sieci w zakresie zmiany układu pracy.

#### • **Węzeł sieciowy Kotła–EnergiaPro Wrocław oddział Legnica–instalacja 2004r.**

W Rejonie Energetycznym Głogów - Koncern Energetyczny EnergiaPro Wrocław o/Legnica , we współpracy z Badawczo Rozwojową Spółdzielnią Pracy Mikroprocesorowych Systemów Automatyki "MIKRONIKA" w Poznaniu, Instytutem Energetyki w Warszawie oraz ZPUE S.A. wybudował w latach 2004 – 2005 w miejscowości Kotła napowietrzny węzeł sieciowy 20kV w oparciu rozłączniki sterowane drogą radiową.

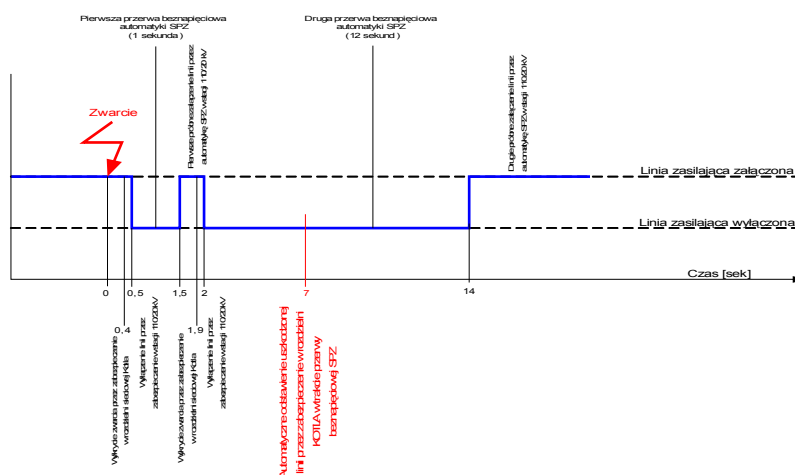
Inwestycja jest wyjątkowa z dwóch powodów . Po pierwsze zastosowano polskiej produkcji najnowocześniejsze z dostępnych na rynku aparaty łączeniowe SN – rozłączniki napowietrzne typu THO 24 które dzięki izolacji sześćiofluorku siarki,

hermetycznie zamkniętej obudowie i szybkemu napędowi są niezawodne, odporne na warunki środowiskowe i praktycznie bezobsługowe. Po drugie wdrożono opracowany przez warszawski Instytut Energetyki nowatorski system automatyki sieciowej.

Każdy z czterech rozłączników wyposażony jest we własne zabezpieczenie o nazwie Mirod, pozwalające wykrywać przepływ prądów zwarciovych i analizujące działanie automatyki SPZ linii zasilającej. Jeżeli uszkodzenie jednej z trzech linii odchodzących z węzła Kotła ma charakter trwały, wówczas linia zostaje automatycznie odłączona od sprawnej sieci (otwarcie rozłącznika następuje w przerwie beznapięciowej SPZ). Cały ten proces trwa kilka sekund a o wszystkim decydują mikroprocesory udział człowieka jest tu zbędny. Każdy z rozłączników wraz z zabezpieczeniem stanowią autonomiczny element węzła.

Dyspozytor w RDR Gniezno analizuje przesłane informacje oraz kieruje lokalizacją uszkodzenia na linii. Rolą dyspozytora jest też zdalne dostosowanie układu łączeniowego w węźle Kotła do aktualnej sytuacji w sieci z możliwością wyboru stacji zasilającej 110/20 kV.

Głównym celem realizacji inwestycji „węzeł Kotła” była poprawa sprawności tego odcinka sieci, linie na których zlokalizowano węzeł to około 65 km sieci napowietrznej 20 kV i 65 km stacji słupowych. Trasa linii przebiega w trudnym terenie leśnym i wielokrotnie krzyżuje się z rzeką Odrą, taka lokalizacja szczególnie w okresie jesienno-zimowym szczególnie utrudnia pracę pogotowia energetycznego. Na dzień dzisiejszy stwierdzoną znaczną poprawę w funkcjonowaniu ww. odcinka sieci.



Rys. 6. Schemat funkcjonowania układu napowietrznego węzła sieciowego w miejscowości Kotła

- Inne lokalizacje**

W latach 2002-2003 zaprojektowano i zabudowano kilkanaście węzłów sieciowych wykorzystujących idee eliminowania uszkodzonych odcinków sieci SN poprzez automatykę opartą na rozłącznikach THO. Między innymi w:

1. RZE S.A. - RE Jasło - jeden komplet rozłącznika THO 24 z napędem zasobnikowym T2 i przekładnikami PR 0,72 oraz automatyką firmy Elkomtech -

zainstalowano we wrześniu 2002r. w zamian za uszkodzony przez wyładowanie atmosferyczne reklozer.

2. RZE S.A. - RE Rzeszów Teren - 5 kompletów rozłączników THO 24 z napędem zasobnikowym T2 i przekładnikami PR 0,72 oraz automatyką firmy Elkomtech - zainstalowano listopad-grudzień 2002 r.
3. ZEK Kraków - pod potrzeby wszystkich Rejonów Zakładu - zakupiono od początku roku 2003 do dziś około 100 kompletów THO 24 i 36 kV z napędem zasobnikowym T2 i przekładnikami PR 0,72 oraz automatyką NBAS firmy Elkomtech.
4. ZE Gorzów - 4 komplety rozłącznika THO 24 z napędem zasobnikowym T2 i przekładnikami PR 0,72 zabezpieczeniem SPPz 21.2 oraz sterowaniem firmy Mikronika.
5. Enion o/Częstochowa – zakupił i zabudował w roku 2005 – 26 kpl. Rozłączników napowietrznych z przekładnikami i automatyką Mirod na potrzeby Rejonu Myszków (kolejne montaż i uruchomienia (48 kpl) realizowane są w roku 2007)
6. ZKE Zamość – Dystrybucja jest obecnie na etapie zabudowy pilotażowego dla obszaru Zamościa punktu rozłącznikowego z rozłącznikiem THO 24 z napędem T2, automatyką Mirod i sterowaniem Mikroniki Poznań

Wspomnieć należy, iż pierwsze implementacje wykorzystujące możliwości rozłączników THO 24(36) pracują od roku 1995. Na terenie całego kraju do dnia dzisiejszego zainstalowano ponad 500 szt. aparatów, natomiast pierwsze instalacje z napędami zasobnikowymi T2 i przekładnikami prądowymi zainstalowano w latach 2000-2001 w: GZE Gliwice - RE Rybnik oraz w Energetyce Poznańskiej.

## WNIOSKI

Punkty rozłącznikowe sterowane radiowo, współpracujące z automatyką SPZ w punkcie zasilającym zostały zabudowane w miejscach, gdzie ukształtowanie terenu powoduje długi czas likwidacji awarii, gdzie awarie występują często, pozbawiając zasilania znaczne obszary. W warunkach normalnej pracy linii SN rozłącznik THO 24(36) dzięki swojej sprawności łączeniowej pozwala na szybką konfigurację optymalnego układu sieci z pominięciem wyłączników w GPZ. W warunkach wystąpienia zwarć na linii SN, systemy zdalnego nadzoru nad sieciami SN, wykorzystują możliwości szybkich napędów zasobnikowych T2, sygnalizację przepływu prądów zwarciovych oraz powstanie przerw beznapięciowych w wyniku działania automatyki SPZ w punkcie zasilającym, do dokonania automatycznej eliminacji lub przełączenia uszkodzonego odcinka sieci elektroenergetycznej. Rola łączności radiowej nie zmieniła się w zakresie sterowania manewrowego, natomiast w procesie eliminacji uszkodzonego odcinka linii łączność nie bierze udziału. Małe w związku z tym wymagania, co do szybkości transmisji. Analiza kosztów prowadzona zarówno przez użytkowników jak i producenta, pozwala stwierdzić, iż zastosowany wariant jest niemal 50% tańszy od innych opierających się głównie na importowanych urządzeniach rozwiązaniach. Zaletą rozwiązań powstających we współpracy konstruktorów w firmach krajowych i inżynierów wdrażających i użytkujących system ze strony inwestora jest ich optymalne dostosowanie do określonych lokalizacji, parametrów sieci i oczekiwań użytkownika który przez taką współpracę może kształtować produkt na swoje potrzeby.

## LITERATURA

- [ 1 ] PN-EN 60044-1:2000. Przekładniki. Przekładniki prądowe.
- [ 2 ] IEC 56 (1987) H.V. A.C. circuit breakers.
- [ 3 ] IEC 265 H.V. switches.
- [ 4 ] Punkty rozłącznikowe z rozłącznikami w izolacji SF<sub>6</sub> typu THO (THO/T) 24(36)kV – rozwiązania indywidualne. ZPUE S.A. Włoszczowa. Rozwiązania opracowane i wdrożone w latach 1997-1999 r. – opracowanie Energetyka Beskidzka i ZPUE S.A.
- [ 5 ] Automatyka Elektroenergetyczna 1/2006(50) – „Z wewnętrznej na napowietrzną czyli automatyzacja pracy rozdzielni sieciowej 20kV Kotła”
- [ 6 ] Wybrane materiały informacyjno- techniczne z katalogów firm : Mikronika Poznań , Elkomtech Łódź , IEN Warszawa , C&C Katowice , Softin Wrocław