

Artykuł opublikowany w kwartalniku Automatyka Zabezpieczeniowa w 2002 r.

Dr inż. Witold Hoppel

Instytut Elektroenergetyki

Politechniki Poznańskiej

Inż. Andrzej Pokojski

Zakład Energetyczny Gorzów SA

## **Nietypowe doświadczenia z eksploatacji zespołów CZIP w Zakładzie Energetycznym Gorzów SA**

### **1. WSTĘP**

Zwykle w zakresie opisywania awarii przedstawia się zakłócenia w sieciach o napięciu 110 kV i wyższym lub występujące w elektrowniach – powodem tego jest zwykle silne oddziaływanie na odbiorców, bardzo duże zniszczenia urządzeń, ale również dobre wyposażenie w urządzenia rejestrujące stany awaryjne. W niniejszym artykule chcemy zaprezentować powtarzające się zakłócenie w sieci 15 kV, które pojawiało się tylko w pewnych okolicznościach, a jednocześnie wykazać przydatność cyfrowych zabezpieczeń do lokalizacji miejsca uszkodzenia. Opisane zostaną również ciekawe błędy w obwodach wtórnych rozdzielni SN.

### **2. OPIS SIECI**

Fragmencie sieci, którego dotyczy zamieszczony poniżej tekst przedstawiony jest na rys.1. Zasila ona obszary podmiejskie i wiejskie o niezbyt dużej gęstości obciążenia. W liniach nie ma odbiorców przemysłowych. Na rysunku odbiory zaznaczono poglądowo – są to liczne stacje SN/nn. W układzie normalnym pracy sieci 15 kV pole A GPZ Przemysłowa zasila obszar do odłącznika nr 1. Pole B zasila obszar ograniczony odłącznikami nr 1 i nr 5, a za odłącznikiem nr 4 jest stały punkt rozcięcia sieci. Obciążenie każdego z pól wynosi w przeciętnych warunkach 30-40 A. Natomiast poprzez pole C z GPZ Łupowo zasilana jest dość złożona sieć do odłączników nr 5 i 8 z trzema RS-ami (rozdzielniami sieciowymi), a łączne jej obciążenie jest w granicach 40-50 A. GPZ Przemysłowa od września 2000 r. pracuje z punktem neutralnym sieci 15 kV uziemionym przez rezystor, przedtem pracowała jako kompensowana. Sieć 15 kV GPZ Łupowo jest kompensowana i wyposażona w zabezpieczenia statyczne analogowe.

Również we wrześniu 2000 r w rozdzielni 15 kV stacji 110/15 kV Przemysłowa w Gorzowie Wielkopolskim zostały zainstalowane cyfrowe zespoły typu CZIP, które realizują funkcje zabezpieczeń, pomiarów, sterowania i rejestracji.

### 3. PRZEBIEG ZAKŁÓCEŃ

W styczniu dokonywano przełączeń w sieci, które spowodowały szereg wydarzeń opisanych poniżej.

W dniu 10 stycznia 2001 r. doprowadzono do następującego układu sieci różnego od normalnego: otwarte były odłączniki nr 7, nr 2 i nr 5, a zamknięty odłącznik nr 1. Pole A zasilало obszar do odłącznika nr 5. Wówczas zamknięto sterowany radiowo odłącznik nr 5 dołączając do pola A m.in. wszystkie trzy RS-y. Zespół CZIP w polu A wykonał nieudany cykl SPZ w-z-w z zadziałaniem zabezpieczenia nadprądowego zwłocznego od skutków zwarć międzyfazowych ( $I>T$ ). Podjęto próbę załączenia linii w tym samym układzie połączeń – zamykając wyłącznik WA – linia została wyłączona tym razem przez zabezpieczenie zerowoprądowe ( $I0>$ ). Po zakłóceniu przywrócono normalny układ zasilania i wszystkie linie przyjęły napięcie bez jakichkolwiek problemów.

W dniu 18 stycznia po wyrównaniu napięć w obu stacjach doprowadzono do takiego układu, że pole B zasilало sieć do otwartego *Odt2*, natomiast szyny GPZ Przemysłowa poprzez pole A, *Odt1*, *Odt5*, *RS Rudnica* i *Odt7* były połączone z polem C i szynami 15kV GPZ Łupowo. Taki nietypowy układ pracował przez kilka minut. Wówczas otwarto wyłącznik C w GPZ Łupowo. Ponieważ całkowite obciążenie sieci wynosiło około 80 A, powinno być przejęte bez problemów przez pole A. Jednakże w polu A nastąpił cykl w-z-w i definitywne wyłączenie linii. Przywrócono normalny układ zasilania opisany powyżej i znów wszystkie linie podjęły normalną pracę.

W dniu 19 stycznia 2001 r. z kolei doprowadzono do połączenia szyn GPZ Przemysłowa – GPZ Łupowo poprzez pole B, przy otwartym *Odt1*. Po otwarciu *Odt3* w polu C GPZ Łupowo nastąpił udany cykl W-Z spowodowany zabezpieczeniem  $I>T$  oraz sygnalizacja doziemienia. Po około 1 minucie w polu C nastąpiło kolejne doziemienie oraz cykl W-Z od zabezpieczenia  $I>T$  z rozruchem w fazach L1 i L3, po 9 sekundach kolejny W-Z od  $I>T$ . Po następnych 2 sekundach definitywne wyłączenie od  $I>T$ . Po zakłóceniu przywrócony zostaje normalny układ zasilania, żadna z części sieci nie jest wyłączona spod napięcia, żadne zabezpieczenia nie sygnalizują rozruchów.

Sprawdzono zabezpieczenia i obwody prądowe w polu A – wszystkie próby wypadły pozytywnie. Sprawdzono nastawy zabezpieczeń – czy nie są mniejsze od wynikających całkowitego obciążenia przyłączonej sieci – żadnych błędów nie znaleziono.

#### 4. ANALIZA ZAKŁÓCEŃ

W zjawiskach tych największe zdziwienie budził fakt, że po każdym wyłączeniu w zmienionym układzie połączeń przywracano układ normalny i wszystkie linie przyjmowały napięcie, a zabezpieczenia nie wykazywały rozruchów.

Wobec niemożliwości określenia przyczyn tych zjawisk, w Politechnice Poznańskiej przystąpiono do szczegółowej analizy raportów w zespołach CZIP. Dla dnia 10 stycznia po zamknięciu *Odt5* przebieg zdarzeń podano w tablicy 1 (zakłócenie nr 1), a po próbie załączenia linii wyłącznikiem WA w tablicy 2 (zakłócenie nr 2). Dla dnia 18 stycznia chronologia zdarzeń podana została w tablicy 3 (zakłócenie nr 3). Podawany w kolumnie 2 tablic czas jest liczony od pierwszego wymienionego zdarzenia.

Z przebiegu zakłócenia nr 1 wynikało, że zjawisko ma skomplikowany przebieg – w pierwszym wyłączeniu cyklu SPZ pojawia się zwarcie dwufazowe i doziemne (być może dwufazowe z udziałem ziemi). W drugim wyłączeniu widać kolejno krótki rozruch i odpad zabezpieczenia I> (być może spowodowany tylko prądem udarowym przy załączaniu linii), a dopiero po około 3 sekundach kolejny rozruch i zadziałanie I>T, ale już przy rozruchu we wszystkich fazach. Zespół CZIP zarejestrował, że prąd wynosił przy rozruchu w dwóch fazach 759 A, a przy rozruchu w trzech fazach 831 A, co jest prawidłowe dla teorii zwarć, że przy zwarciu trójfazowym wartość prądu jest większa. Wartości prądów jednoznacznie wskazywały, że nie jest to prąd przeciążenia, jakiegoś udaru od odbiornika, itp, ale prąd zwarciovowy.

Zakłócenie nr 2 to znów kilka rozruchów różnych zabezpieczeń i zadziałanie I0>T. Wyłączenie nastąpiło po ponad 0,6 sek od zamknięcia wyłącznika.

Zakłócenie nr 3 to tak jak w poprzednich przypadkach kilka rozruchów i odpadów zabezpieczeń od skutków zwarć międzyfazowych w różnych fazach i doziemnych zakończone wyłączeniem przy zwarciu trójfazowym.

Analiza powyższych zjawisk wykazała kilka prawidłowości.

Otóż dwukrotnie – podczas zakłócenia nr 3 w dniu 18.01 i zakłócenia w dniu 19.01 wyłączenie nastąpiło podczas przerywania połączenia pomiędzy szynami zbiorczymi dwóch różnych GPZ-tów, gdzie mogą wystąpić przepływy prądów wyrównawczych. Przy dobrym

wyrównaniu napięć w pewnym miejscu sieci tworzy się punkt splotu i prąd w jego pobliżu jest niewielki. Przerwanie połączenia w jednym z GPZ-tów spowodowało zwiększenie przepływu do około 40-50 A w pobliżu punktu splotu. Również podczas zakłóceń nr 1 i 2 występowało obciążenie pewnego odcinka sieci, który w układzie normalnym nie był obciążony.

Wszystko wskazywało na to, że wzrost prądu obciążenia na pewnym odcinku linii powoduje bardzo niestabilne zwarcie, prawdopodobnie łukowe. Takim elementem, który to powodował, mógł być niedomknięty lub uszkodzony odłącznik. Zwarcie to powinno znajdować się nie dalej, niż wynikało z wartości prądu zwarciovego pomierzonego przez zespoły CZIP. Obliczenia zwarciovowe pokazują, że przy zwarciu dwufazowym na *Odt6* prąd zwarcia wynosi 1139 A, a w RS Rudnica – 763 A. Uwzględniając rezystancję łuku, zwarcie nie powinno być dalej niż w tym właśnie miejscu. Wysłane brygady dokonały oględzin linii i wykryły, że *Odt6* jest uszkodzony – w tym jedna z faz ma niedomknięte styki, a izolatory są popękane. Na fotografiach pokazano elementy tego uszkodzonego odłącznika.

Uszkodzenie było jednak dość nietypowe, bo przy niewielkim obciążeniu w jakiś dziwny sposób prąd obciążenia był przenoszony poprzez łuk elektryczny, natomiast wzrost tego prądu do kilkudziesięciu A powodował powstawanie niestabilnego zwarcia, czasem międzyfazowego, czasem doziemnego – stąd obserwowane rozruchy i odpady zabezpieczeń w różnych przedziałach czasowych.

## 5. INNE UWAGI

W GPZ Przemysłowa zostało wprowadzone uziemienie punktu neutralnego sieci 15 kV przez rezystor. Stąd w polu potrzeb własnych zastosowany został CZIP-P wyposażony w funkcję kontrolera rezystora. Korzysta on podczas pomiaru ze składowej zerowej napięcia (generowanej w otwartym trójkącie pola pomiaru napięcia) i prądu rezystora – poprzez zainstalowany w nim przekładnik prądowy. Kontroler działa w ten sposób, że nastawiony jest na konkretną wartość rezystancji (w tym przypadku 52  $\Omega$ ) i dopuszczalny uchyb (nastawiono 30 %). Jeśli mierzona podczas doziemienia wartość rezystancji nie mieści się w nastawionych granicach, wyświetlany jest odpowiedni raport i wysyłana sygnalizacja “Uszkodzenie pola”. Trzeba dodać, że obwody stacji zostały sprawdzone po montażu zespołów CZIP. W czasie wielu doziemień jakie wystąpiły w sieci, kontroler czasem mierzył rezystancje prawidłową, a w niektórych przypadkach wykazywał uszkodzenie rezystora – mierzył rezystancje rzędu 2 – 4 k $\Omega$ . Sprawdzono rezystor – nie wykazywał uszkodzeń, a zmierzona rezystancja była

prawidłowa. Również sprawdzono dokładnie algorytm kontrolera w Politechnice Poznańskiej – mogły w sieci pojawić się zjawiska nie występujące podczas badań w warunkach laboratoryjnych, błędów nie znaleziono. Pewną prawidłowością było, że podczas błędnego działania kontrolera nie następowały rozruchy zabezpieczeń zerowoprądowych w polu potrzeb własnych zasilanych z tego samego obwodu prądowego. Te dwa zjawiska występujące równolegle mogły sugerować bądź zwieranie obwodu prądowego (bocznikowanie wejścia prądowego do zespołu CZIP) przez bliżej nieokreślony element, bądź jego przerywanie. Ponowne bardzo szczegółowe badania obwodu prądowego wtórnego pozwoliły na znalezienie luźnego zacisku na jednej z listw, co powodowało przemijającą przerwę w obwodzie. Przekładnik prądowy pracował z rozwartym uzwojeniem wtórnym, ale krótkie czasy przepływu prądu pierwotnego wynikające z nastaw zabezpieczeń ziemnozwarciowych w liniach odpływowych nie spowodowały jego uszkodzenia. Działanie kontrolera rezystora w tym przypadku uchroniło stację od poważnej awarii, gdyby zwarcie doziemne wystąpiło na szynach zbiorczych. W takiej sytuacji zabezpieczenie zerowoprądowe w polu potrzeb własnych może być jedynym działającym na wyłączenie zasilania dotkniętej doziemieniem danej sekcji szyn zbiorczych 15 kV.

Podczas kontroli działania tego obwodu prądowego przez wymuszanie prądu po stronie pierwotnej przekładnika prądowego w obwodzie rezystora w zespole CZIP-R realizującym automatykę SZR rozdzielni 15 kV zarejestrowane zostały raporty o zamykaniu nakładki powodującej zablokowanie przejściowe tej automatyki, np. na czas przełączeń w obwodach pierwotnych w rozdzielni SN. W sieci uziemionej przez rezystor zadziałanie drugiego stopnia zabezpieczenia zerowoprądowego w polu potrzeb własnych powinno spowodować trwałe zablokowanie tej automatyki, ponieważ może to być zwarcie w obrębie szyn zbiorczych – właśnie takich raportów należało się spodziewać. Przeprowadzone sprawdzenie obwodów wykazało błąd w projekcie obwodów wtórnych stacji – wszystkie blokady SZR od zabezpieczeń zostały wprowadzone na to samo wejście, co blokada od nakładki.

## **6.PODSUMOWANIE**

Zastosowanie cyfrowych zespołów zabezpieczeń, nie tylko typu CZIP, stawia przed projektantami i wykonawcami nowe zadania, konieczność opanowania nowych schematów połączeń, przeważnie znacznie bardziej skomplikowanych niż w zespołach analogowych np. SMAZ. Jednakże te cyfrowe zespoły stawiają do dyspozycji nowe narzędzia takie jak

rejestracja, raporty, rozbudowane indykacje uszkodzeń pola, stany wejść i wyjść zespołu, które są szczególnie przydatne podczas uruchamiania obwodów wtórnych, ale również podczas eksploatacji. W przedstawionej analizie awarii w styczniu 2001 r. rejestrator zakłóceń zespołu CZIP wzbogacony o zapis wartości prądu zwarciovego pozwolił na lokalizację miejsca awarii, a nawet na określenie jej prawdopodobnej przyczyny. Analiza raportów wymaga jednak dobrej znajomości zjawisk w sieciach SN, szczególnie ziemnozwarciowych.

Tablica 1

Przebieg zakłócenia nr 1 w dniu 10 stycznia

L.p.	Czas w sekundach	Opis zdarzenia	
		skrótowy	rozwinięty
1	0,000	I>	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazach L1 i L3
2	0,035	I0>	rozruch zabezpieczenia zerowoprądowego
3	0,082	Y0>	rozruch zabezpieczenia admitancyjnego
4	0,098	I>T	zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w fazach L1 i L3 przy prądzie 759 A
5	0,112	I0>	zadziałanie zabezpieczenia zerowoprądowego
6	0,174	-	otwarcie wyłącznika, odpad wszystkich zabezpieczeń
7	0,810	ZAŁ SPZ	zamknięcie wyłącznika w cyklu SPZ
8	0,895	I>	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazie L3
9	1,036	I> koniec	odpad zabezpieczenia nadprądowego
10	4,151	I>	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazie L3
11	4,727	I>T	zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w fazach L1, L2 i L3 przy prądzie 831 A

Tablica 2

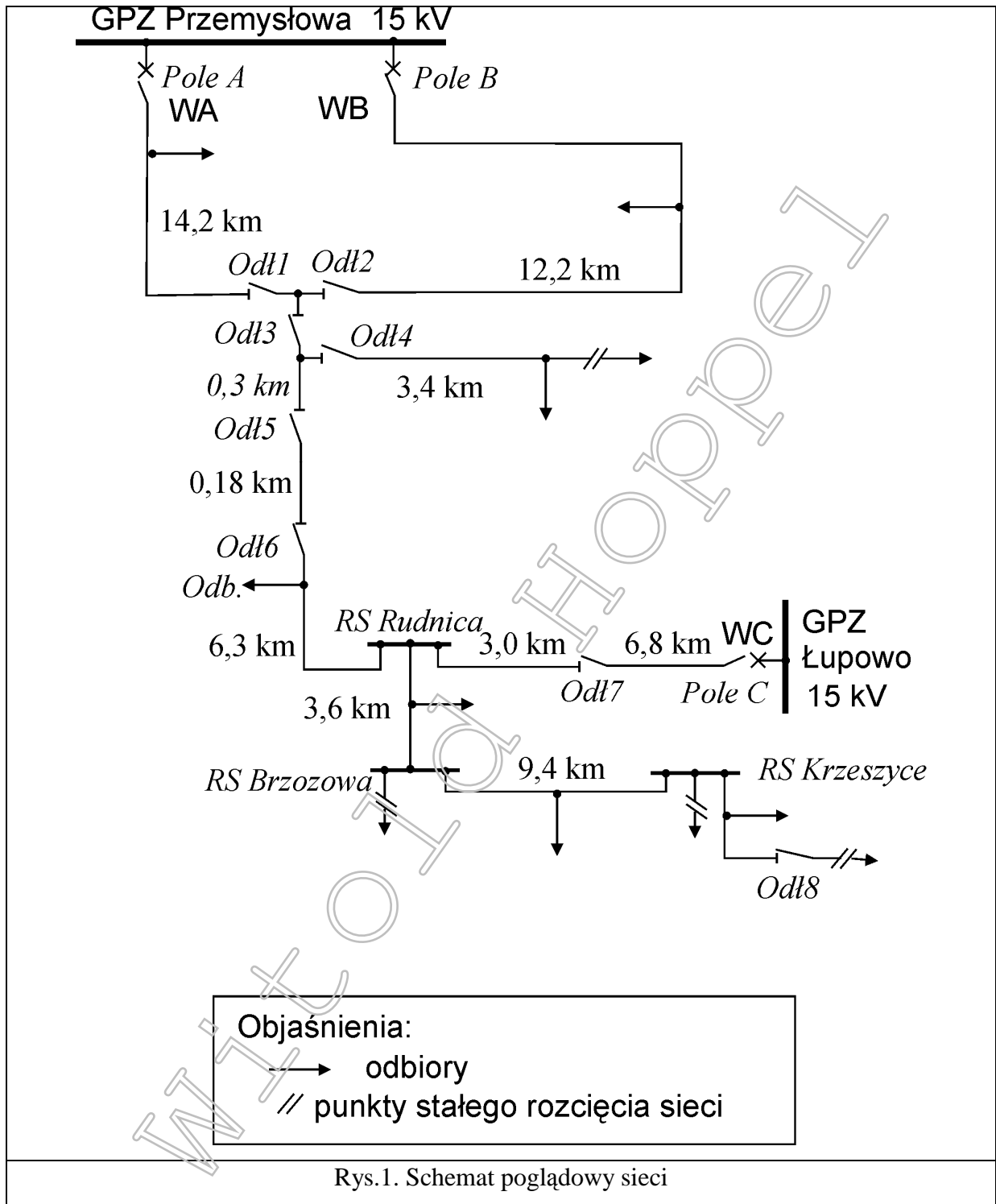
## Przebieg zakłócenia nr 2 w dniu 10 stycznia

L.p.	Czas w sekundach	Opis zdarzenia	
		skrótowy	rozwinęty
1	0,000	ZAŁ	zamknięcie wyłącznika WA
2	0,087	I>	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazie L2
3	0,362	I> - koniec	odpad zabezpieczenia nadprądowego
4	0,398	I>	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazach L1 i L3
5	0,483	I0>	rozruch zabezpieczenia zerowoprądowego
6	0,516	Y0>	rozruch zabezpieczenia admitancyjnego
7	0,551	I0>	zadziałanie zabezpieczenia zerowoprądowego
8	0,628		otwarcie wyłącznika – zarejestrowany maksymalny prąd 778 A

Tablica 3

## Przebieg zakłócenia nr 3 w dniu 18 stycznia

L.p.	Czas w sekundach	Opis zdarzenia	
		skrótowy	rozwinęty
1	0,000	Y0>	rozruch zabezpieczenia admitancyjnego
2	0,022	Y0>- koniec	odpad zabezpieczenia admitancyjnego
3	0,220	I> w fazie L1	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazie L1
4	0,320	I>T	zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w fazach L1 i L3 oraz otwarcie wyłącznika przy prądzie 764 A
5	1,020	ZAŁ SPZ	zamknięcie wyłącznika w cyklu SPZ
6	1,112	I> w fazie L2	ruch zabezpieczenia nadprądowego w fazie L2
7	1,118	I> -koniec	odpad zabezpieczenia nadprądowego
8	1,142	Y0>	rozruch zabezpieczenia admitancyjnego
9	1,162	Y0> - koniec	odpad zabezpieczenia admitancyjnego
10	1,291	I> w fazie L3	rozruch zabezpieczenia nadprądowego w fazie L3
11	1,650	Y0>	rozruch zabezpieczenia admitancyjnego
12	1,670	Y0> - koniec	odpad zabezpieczenia admitancyjnego
13	1,867	I>T	zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w fazach L1, L2 i L3 oraz otwarcie wyłącznika przy prądzie 868 A







Fot.1 i 2: Fragmenty uszkodzonego odłącznika

Witold

Hoopes