

Modernizacja systemu zabezpieczeń łukoochronnych rozdzielni głównej 6kV R-404 na poz.400m.

Andrzej Warmuła, Andrzej Ryszka
KW S.A. Oddział KWK „Marcel”

Marzena Patek-Gołąb
Elektrobudowa S.A.
Paweł Szmał
Energotest sp.z o.o.

Tematem referatu jest modernizacja systemu zabezpieczeń łukoochronnych opartego na technice światłowodowej. Podstawowym celem systemu jest ograniczenie do minimum skutków działania łuku elektrycznego przez skrócenie czasu jego trwania i zastosowanie bezpiecznego układu do samokontroli bez konieczności demontowania obiektu.

Zastosowanie tego rozwiązania minimalizuje ryzyko narażenia pracowników na takie zagrożenia jak: porażenie prądem oraz poparzenie łukiem elektrycznym, a ponadto upraszcza sposób i skraca czas przeprowadzania kontroli.

Zalety tego rozwiązania to:

- ochrona aparatury oraz pól rozdzielczych przed uszkodzeniem,
- precyzyjna detekcja przedziału, w którym doszło do zwarcia łukowego,
- możliwość przeprowadzania testów w trakcie normalnej pracy rozdzielni, przez jednego pracownika, w warunkach niezagrażających jego życiu i zdrowiu,
- przedstawione rozwiązanie może być powszechnie stosowane we wszystkich instalacjach, gdzie istnieje zagrożenie powstania łuku elektrycznego.

1. WSTĘP

Występowaniu zwarć w rozdzielnicach średniego i niskiego napięcia towarzyszy łuk elektryczny. Stwarza on duże zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego oraz powoduje długotrwałe i trudne do usunięcia awarie których naprawa często polega na wymianie pól rozdzielczych.

Jak pokazuje praktyka, poza odpowiednią wytrzymałością zwarciovą urządzeń, skrócenie czasu trwania zwarcia i jego wyłączenie w czasie poniżej 100 ms pozwala uniknąć poważniejszych zniszczeń i zmniejsza zagrożenie dla ludzi przebywających w pobliżu miejsca zdarzenia.

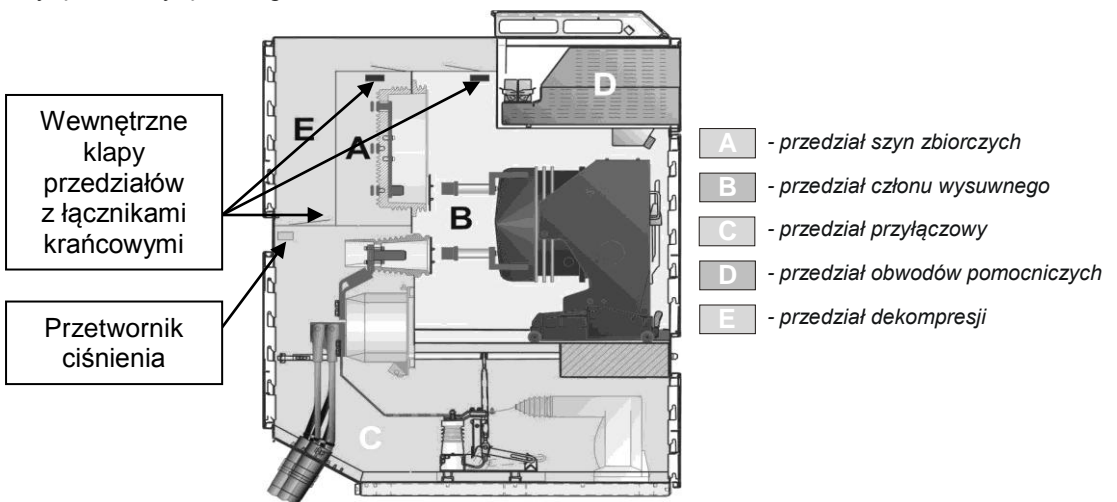
2. PIERWOTNY UKŁAD PRACY ROZDZIELNI GŁÓWNEJ 6kV R-404

Rozdzielnia główna 6kV R-404 na poziomie 400m pełni funkcję rozdzielni zasilającej urządzenia głównego odwadniania oraz zasila rozdzielnie oddziałowe wraz z kompleksami ścianowymi i przodkowymi. W ramach jej modernizacji w 2008 roku, rozdzielnia została wyposażona w rozdzielnice typu PREM-G1dM produkcji ELEKTROBUDOWA SA



Rys. 1 Rozdzielnia główna 6kV R-404
Figure 1. Main switchgear 6kV R-404

W rozdzielnicach PREM-G1dM, poza zastosowaniem sterowników polowych, stanowiących zabezpieczenie nadmiarowoprądowe, dodatkowym zabezpieczeniem jest zabezpieczenie łukoochronne. Za pomocą klap wydmuchowych gazy połukowe z poszczególnych przedziałów skierowane są do wewnętrznego przedziału dekompresji, przez co skutki zwarcia (ciepło i ciśnienie) zostaną zatrzymane w urządzeniu, rozprężone w jego wnętrzu i mogą być skierowane w inną stronę z daleka od pracownika. Po otwarciu klap przedziału szyn zbiorczych lub członu wysuwnego, pod wpływem ciśnienia wytwarzanego przez łuk elektryczny, zamykają się zestyki łączników krańcowych działając na wyłączenie wyłącznika pola zasilającego. W przedziale przyłączowym każdego pola znajduje się czujnik ciśnienia, który przy jego wzroście pobudza przekaźnik zabezpieczenia łukowego działający na wyłączenie wyłącznika pola.



Rys. 2 Przekrój pola rozdzielnicy PREM-G1dM
Figure 2. Cross section of PREM-G1dM switchgear

3. NIEDOGODNOŚCI ZWIĄZANE ZE STOSOWANIEM POPRZEDNIEGO SYSTEMU

W zabezpieczeniach, reagujących na wzrost ciśnienia reakcja przekaźnika jest opóźniona o około 20 - 30 ms w związku z:

- naturalnym opóźnieniem fali ciśnieniowej, jako efektu wtórnego w stosunku do zwarcia,
- określonym czasem własnym zabezpieczenia.

Zastosowane pierwotnie rozwiązanie, ograniczało czas zwarcia łukowego do 100ms. Przy częstotliwości sieci zasilającej wynoszącej 50Hz jest to aż 5 okresów trwania łuku elektrycznego ze wszystkimi jego skutkami.

Ponadto dla zwarć łukowych doziemnych, małoprądowych i szybko wyłączonych możliwy jest brak uniesienia się kłapy dekompresyjnej i brak zadziałania systemu.

Dodatkowy problem stanowiło szybkie wyłączenie rozdzielni nadrzędnej, zasilającej rozdzielnię główną 6kV R-404 z powierzchni. W praktyce, wyłączenie pól zasilających na powierzchni z wykorzystaniem istniejących łącz teletechnicznych, nie było możliwe w czasie krótszym niż 100ms. Długi czas reakcji systemu spowodowany był koniecznością zastosowania dodatkowych urządzeń pośredniczących, mających na celu odseparowanie obwodów iskrobezpiecznych teletransmisyjnych od nieiskrobezpiecznych obwodów pól.

Podstawowym problemem dla obsługi rozdzielni była okresowa kontrola sprawności zabezpieczenia łukoochronnego. Kontrola polegała na dotarciu do każdego z czujników, wchodzących w skład systemu, w celu jego pobudzenia i sprawdzenia poprawności działania. Przeprowadzenie ww. kontroli wymagało demontażu wszystkich pól rozdzielczych oraz skontrolowania ponad 60 czujników krańcowych i czujników depresji. Wymuszało to zatrudnienie dużej grupy pracowników w dniach wolnych od pracy. Należy nadmienić, że prace te prowadzone były w szczególnych warunkach zagrożenia życia i zdrowia ludzkiego na podstawie polecenia pisemnego.

4. OPIS WPROWADZONYCH ZMIAN

W rozdzielni głównej 6kV R-404 zastosowano światłowodowe zabezpieczenie łukoochronne typu ZŁ-4, które zostało zabudowane zamiast poprzedniego systemu, bez kosztownych przeróbek pól rozdzielczych.

Jako kryterium wykrycia zwarcia łukowego zabezpieczenie wykorzystuje informację o:

- spadku napięcia na szynach chronionej rozdzielnicy,
- pojawieniu się intensywnego promieniowania świetlnego.

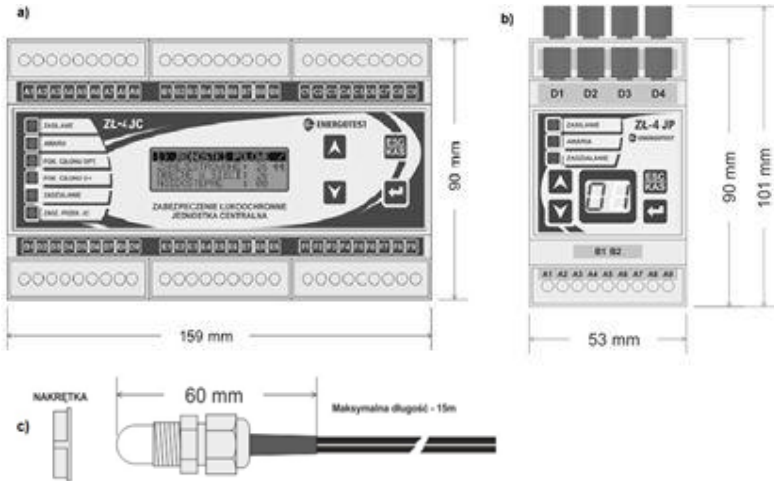
Zabezpieczenie pracuje w oparciu o strukturę rozproszoną, w skład której wchodzi:

- jednostka centralna ZŁ-4 JC, która nadzoruje pracę zabezpieczenia ZŁ-4, użytkownik ma dostęp do informacji na temat aktualnego stanu zabezpieczenia oraz ma możliwość konfiguracji całego systemu zabezpieczeń ZŁ-4
- jednostki polowe ZŁ-4 JP. Każda jednostka polowa posiada po cztery detektory i źródła światła, do których podłączony jest światłowód polimerowy zakończony głowicą czujnikową.
- czujniki błysku - głowice czujników optycznych są montowane bezpośrednio w chronionej części rozdzielnicy.

Każdemu czujnikowi optycznemu przyłączonemu do jednostki polowej przypisujemy strefę ochronną w zależności od miejsca zainstalowania:

- strefa obejmująca przedziały szyn zbiorczych i członów wysuwnych (przy spełnieniu obu kryteriów zadziałania następuje wyłączenie wszystkich wyłączników sekcji),

- strefa obejmująca przedziały przyłączowe (przy spełnieniu obu kryteriów zadziałania następuje wyłączenie danego odpływu),
- strefa obejmująca przedziały przyłączowe i członów wysuwnych pól zasilających (przy spełnieniu obu kryteriów zadziałania następuje wyłączenie danego pola oraz pola zasilającego w rozdzielni nadrzędnej).



Rys. 3 Budowa zabezpieczenia łukochronnego ZŁ-4;
 a) jednostka centralna JC, b) jednostka polowa JP, c) czujnik optyczny.
 Figure 3. Arc fault protection module ZŁ-4;
 a) central unit JC, b) panel unit JP, c) optical sensor.

Uwzględniając czas zadziałania zabezpieczenia < 10 ms oraz czas wyłączenia obecnie stosowanych wyłączników 30-50 ms, zabezpieczenie ZŁ-4 gwarantuje wyłączenie rozdzielni bądź jej określonego pola w czasie 40-60 ms, ograniczając do minimum skutki zwarc łukowych.

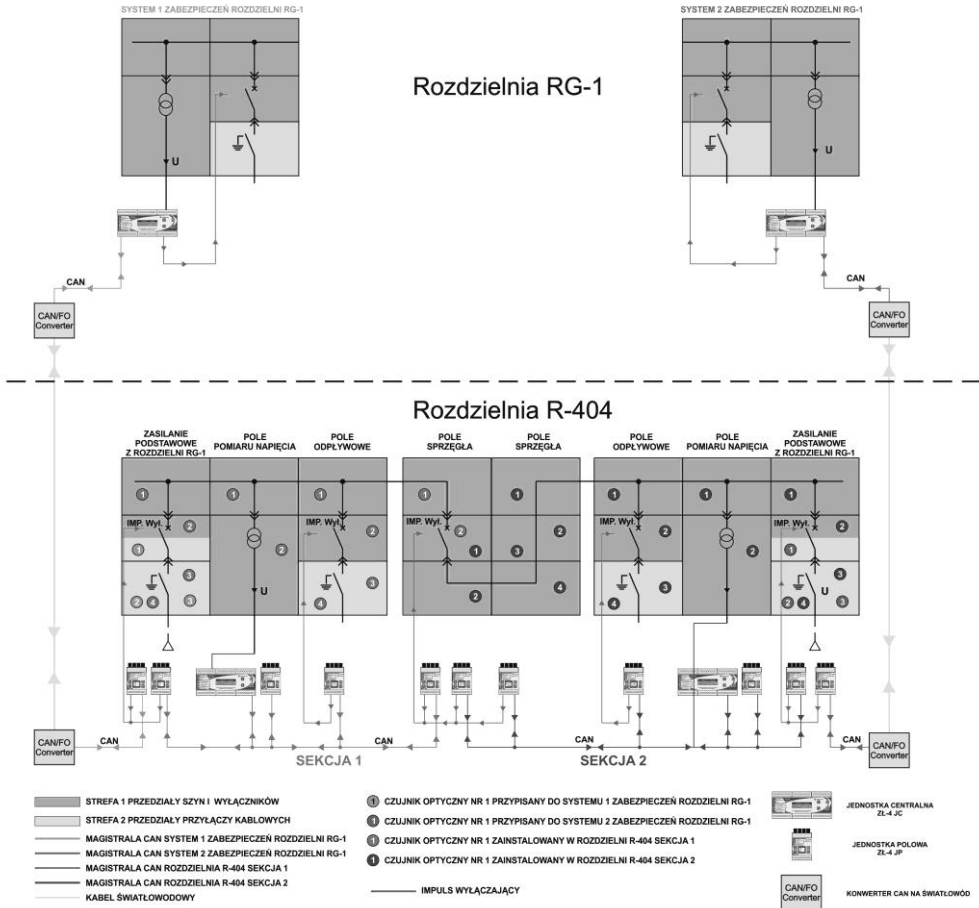
W przypadku zwarcia w przedziałach przyłączowych pól zasilających rozdzielnię główną 6kV R-404 dzięki zastosowaniu drugiego układu zabezpieczenia ZŁ-4 zrealizowano natychmiastowe wyłączenie pól w rozdzielni nadrzędnej, stanowiących zasilanie rozdzielni głównej 6kV R-404.

Dodatkowe czujniki optyczne zamontowano w przedziale przyłączowym i członu wysuwnego pola zasilającego (rys. 4) i z wykorzystaniem drugiej jednostki polowej połączono z jednostką centralną zabudowaną w rozdzielni nadrzędnej. Jej zadaniem jest wyłączenie wyłącznika w polu rozdzielni nadrzędnej przy jednoczesnym spełnieniu poniższych warunków:

- wykrycia spadku napięcia w polu odpływowym rozdzielni nadrzędnej,
- otrzymaniu informacji od jednostki polowej o detekcji światła w polu zasilającym rozdzielni głównej 6kV R-404.

Układ taki zrealizowano dla każdego z pól zasilających rozdzielni głównej 6kV R-404.

Komunikacja pomiędzy jednostką polową a jednostką centralną odbywa się za pomocą łącza światłowodowego. W tym celu wykorzystano istniejący światłowód wyłożony w szybie Marklowice I oraz sieć światłowodową na powierzchni kopalni w części marklowickiej.



Rys. 4 Schemat nowego rozwiązania w KWK „Marcel” realizowanego za pomocą zabezpieczenia łukochronnego ZŁ-4.

Figure 4. Diagram of the new solution in Coal Mine “Marcel” made by arc fault protection module ZL-4.

Podstawową funkcją, którą posiada zabezpieczenie ZŁ-4 jest autotest części elektrycznej zabezpieczenia. Dzięki wbudowanemu systemowi nadzoru zabezpieczenie kontroluje automatycznie i w sposób ciągły stan poszczególnych elementów zabezpieczenia oraz komunikację pomiędzy urządzeniami zainstalowanymi w systemie zabezpieczeń.

Dodatkową funkcją, w którą wyposażono po raz pierwszy zabezpieczenie ZŁ-4 podczas modernizacji rozdzielni głównej 6kV R-404 w KWK „Marcel”, jest test czujników optycznych, co umożliwi ich dwutorowa budowa. Jeden tor służy do detekcji światła, drugi do generowania testowego impulsu świetlnego. Oba tory (światłowody) mają swój początek w jednostce polowej i łączą się w głowicy czujnikowej. Testem objęte są wszystkie czujniki w danej jednostce polowej.

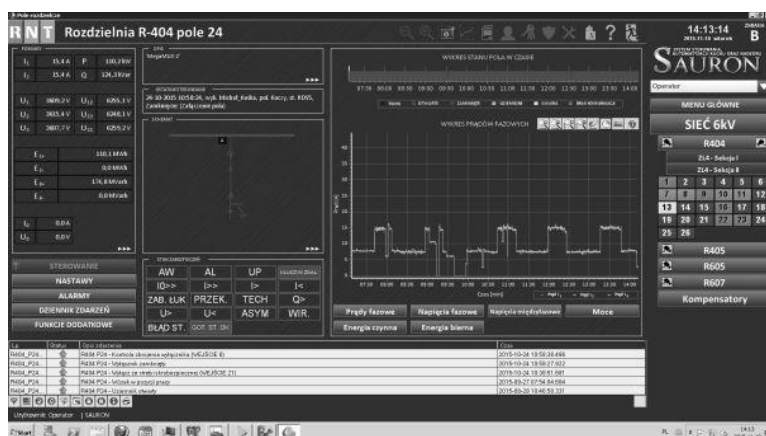


Rys. 5 Test zabezpieczenia łukoochronnego.
Figure 5. Arc fault protection testing.

Za pomocą przycisku „test zabezpieczenia łukoochronnego” (rys. 5), który dobudowano na elewacji przedziału obwodów pomocniczych każdego z pól, obsługa rozdzielni, w sposób świadomy, przeprowadza test czujników optycznych zainstalowanych w danej jednostce polowej. Naciśnięcie przycisku powoduje wygenerowanie impulsu świetlnego. Informacja o pobudzeniu członu optycznego dostępna jest na:

- panelu testowanej jednostki polowej,
- panelu operatorskim jednostki centralnej,
- w systemie nadzoru i wizualizacji typu SAURON na powierzchni (rys. 6).

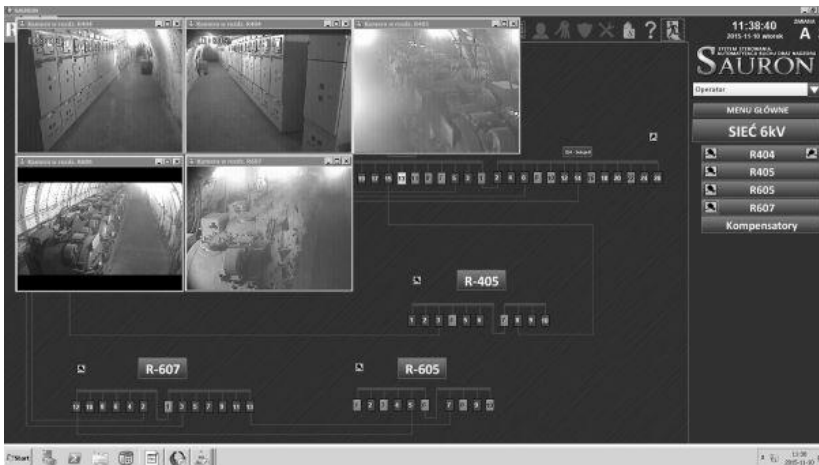
Zastosowanie takiego sposobu kontroli jest całkowicie bezpieczne dla załogi i pozwala na przeprowadzenie testów, z wyłączeniem lub bez wyłączenia, podczas normalnej pracy rozdzielni w dni robocze. Zastosowane rozwiązanie umożliwia przeprowadzenie kontroli systemu zabezpieczeń bez konieczności demontowania pól rozdzielczych.



Rys. 6 Widok monitorowanych parametrów pola rozdzielczego w systemie nadzoru i wizualizacji.
Figure 6. A view of monitored parameters of a distribution panel in the supervision and visualization system.

Jednocześnie podczas prowadzonej inwestycji zrealizowano włączenie zarówno wcześniej eksploatowanych jak i nowych pól rozdzielczych w rozdzielni głównej 6kV R-404 do sieci światłowodowej oraz eksploatowanego w kopani systemu nadzoru i wizualizacji SAURON w zakresie:

- monitorowania parametrów i pomiarów dostępnych z cyfrowych zabezpieczeń multiMUZZ2 oraz megaMUZZ2 zastosowanych w rozdzielni,
- realizacji funkcji zdalnego sterowania rozdzielnią,
- realizacji funkcji podglądu dzienników zdarzeń oraz rejestratorów zakłóceń zabezpieczeń cyfrowych,
- monitoringu wizyjnego z wykorzystaniem kamer przemysłowych (rys. 7)



Rys. 7 Monitoring wizyjny rozdzielni w systemie wizualizacji i monitoringu na powierzchni
Figure 7. CCTV monitoring of the switchgear in the visualization and monitoring system on the surface.

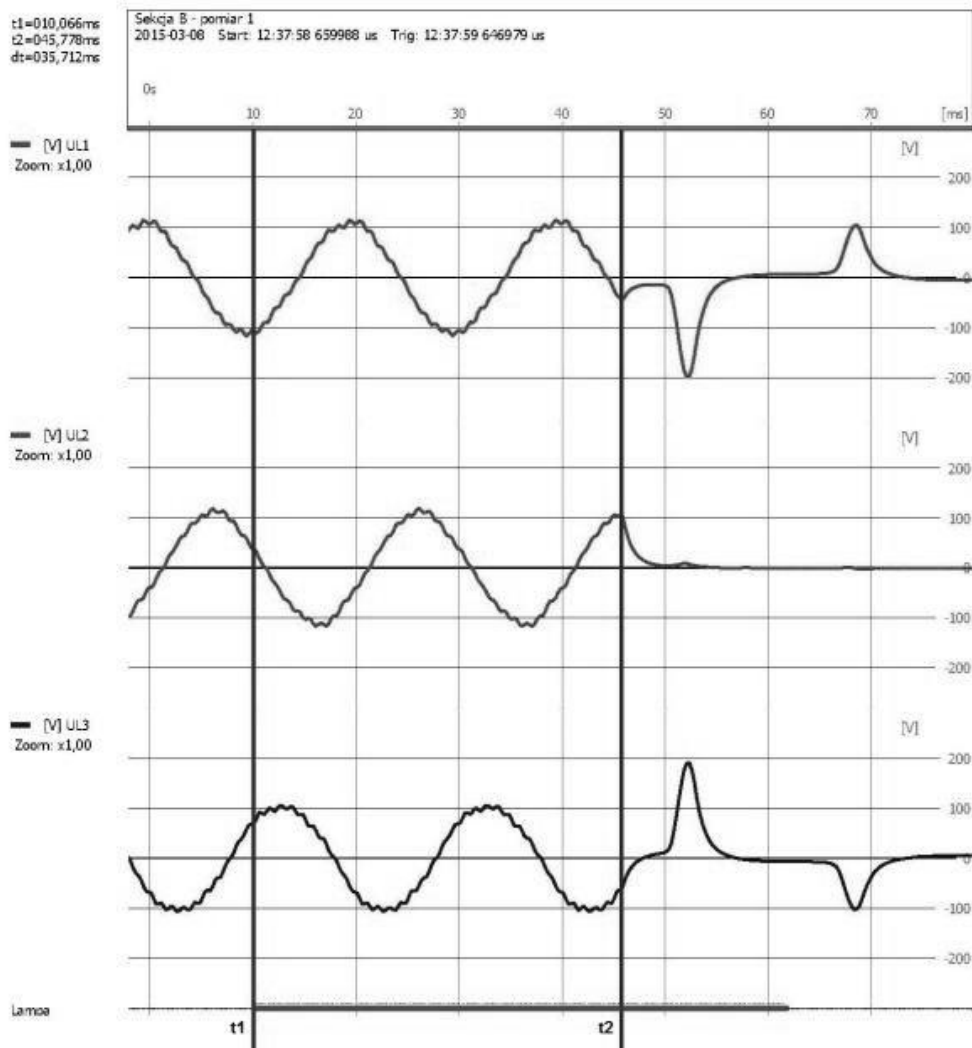
5. WYNIKI POMIARÓW PO ZAINSTALOWANIU I URUCHOMIENIU

Sprawdzenie poprawności działania zabezpieczenia ZŁ-4 wraz z pomiarami wykonano w dwóch etapach:

I etap polegał na symulowaniu zwarć łukowych w obrębie chronionej strefy, sprawdzeniu czy doszło do otwarcia wyłączników rozdzielni głównej 6kV R-404 i wygenerowania impulsów wyłączających zgodnie z przyjętym reżimem pracy. Podczas prób mierzono czas zadziałania zabezpieczenia (od momentu inicjacji zwarcia do chwili otwarcia wyłącznika). Czas wyłączenia wyłącznika od momentu zasymulowania zwarcia (suma czasu zadziałania zabezpieczenia ZŁ-4 oraz wyłączenia wyłącznika) wynosił $< 40\text{ms}$.

II etap polegał na symulowaniu zwarć łukowych w przedziale przyłączowym pól zasilających rozdzielni głównej 6kV R-404 i sprawdzeniu czy doszło do otwarcia wyłączników w polach 5 i 6 rozdzielni głównej 6kV R-404 oraz wyłączników w polach 17 i 10 rozdzielni nadrzędnej. Podczas prób mierzono czas zadziałania zabezpieczenia (od momentu inicjacji zwarcia do chwili zaniku napięcia na kablu w polu zasilającym rozdzielni głównej 6kV R-404).

Poniżej przedstawiono rejestrację symulowanych zwarć.
 Sekcja B - pomiar 1



Rys. 8 Rejestracja symulowanego zwarcia w rozdzielni głównej 6kV R-404 sekcja B.

- t1 – czas wyzwolenia lampy błyskowej (moment zasymulowania zwarcia łukowego w polu nr 6 rozdzielni głównej 6kV R-404),
- t2 – czas zaniku napięcia na kablach w przedziale przyłączowym pola nr 6 (otwarcia wyłącznika w polu 10 rozdzielni nadrzędnej).

Figure 8. Recording of simulated short-circuit in the 6kV main switchgear R-404 section B.

- t1 – time of flash release (the moment of arc fault simulating in panel 6 of the 6kV main switchgear R-404),
- t2 – time of voltage loss on cables in the termination compartment of panel 6 (opening of circuit breaker in panel 10 of the master switchgear).

Czas wyłączenia wyłącznika w polu nr 10 rozdzielni nadrzędnej od momentu zasymulowania zwarcia w przedziale wyłącznika pola nr 6 rozdzielni głównej 6kV R-404 (suma czasu zadziałania zabezpieczenia ZŁ-4 oraz wyłączenia wyłącznika) $dt = 35,7ms$.

6. KORZYŚCI PŁYNĄCE Z ZASTOSOWANIA PROJEKTU

Stosowanie niezależnych, dedykowanych światłowodowych zabezpieczeń łukochronnych chroni życie i zdrowie obsługi, podnosi poziom bezpieczeństwa pracy urządzeń oraz przyczynia się do skrócenia czasu przestoju spowodowanych przez zwarcia.

Wprowadzenie przedmiotowego projektu podniosło poziom bezpieczeństwa, podczas eksploatacji rozdzielnic PREM-G1dM w rozdzielni głównej 6kV R-404, zarówno dla elektromonterów obsługujących rozdzielnię, minimalizując ryzyko narażenia ich na szkodliwe działanie łuku elektrycznego oraz dla urządzeń w niej zabudowanych.

Projekt daje również wymierne korzyści ekonomiczne w postaci:

- zwiększenia niezawodności zasilania urządzeń,
- ograniczenia ilości wyłączeń rozdzielni,
- minimalizacja czynności związanych z kontrolą systemu zabezpieczeń łukochronnych.

Główne zalety tego rozwiązania to:

- skrócenie czasu potencjalnego zwarcia łukowego do minimum.
- ochrona aparatury oraz pól rozdzielczych przed uszkodzeniem.
- możliwość precyzyjnej lokalizacji przedziału, w którym doszło do zwarcia łukowego.
- możliwość działania zabezpieczenia również w przypadku zwarc łukowych doziemnych.
- prostota rozwiązania i łatwość zabudowy w już eksploatowanych rozdzielniach.
- brak konieczności demontażu pól podczas kontroli zabezpieczenia.
- ograniczenie ilości wyłączeń rozdzielni spowodowanych przeprowadzaniem kontroli zabezpieczeń łukochronnych.

LITERATURA

- [1] KW KWK Marcel (autor) „Opracowanie własne”
- [2] ELEKTROBUDOWA SA, M. Patek-Gołąb – „Opracowanie własne” na podstawie DTR rozdzielnic 6kV typu PREM- G1dM - S.Wapniarski
- [3] ENERGOTEST Sp. z o.o. , P.Szmaj, M.Furgoł, A.Szyndler, Projekt nr 03428_P01

Modernization of arc protection system of the 6kV main switchgear R-404 on the level of 400 m.

Abstract

The paper presents a solution of modernization of arc fault protection system based on fibre optic technology. The principal purpose of the system is to keep the effects of arc fault at a minimum level, by shortening the duration of arcing and through application of a safe self-supervision system, without the necessity to dismantle the equipment.

Application of the presented solution minimizes the risk of exposure of operating and maintenance personnel to electric shock or arcing burns hazards; it also simplifies the relevant inspection and shortens its time.

Features and functionality of the solution:

- protection of equipment and distribution panels against damage,
- precise detection of a panel where the arc fault has occurred,
- possibility of testing during normal operation of the switchgear, by one person and in safety conditions,
- the presented solutions can be used in any plant where the risk of electrical arcing occurs.