

## Selektywne wyłączanie zakłóceń elektrycznych w równoległych liniach kablowych średniego napięcia

*W wielu układach zasilania kopalń równoległe linie kablowe średniego napięcia zasilające duże rozdzielnie SN, złożone z kabli pojedynczo wychodzących z Głównej Stacji Zasilającej, posiadają tradycyjne rozwiązania zabezpieczeń nadprądowych i ziemnozwarciowych, a zastosowane przekaźniki zabezpieczeniowe „mają poważne trudności” z poprawnym identyfikowaniem zakłóceń. W KGHM „Polska Miedź” SA w Oddziale ZG „Polkowice-Sieroszowice”, dążąc do zminimalizowania skutków zakłóceń na równoległe pracujących kablach, zmieniono sposób zabezpieczania kabli sztybowych. Zastosowano zabezpieczenia współbieżne z wykorzystaniem, opartej o sieć światłowodową i multipleksery, szybkiej komunikacji pomiędzy współpracującymi przekaźnikami zabezpieczeniowymi. System zabezpieczeń współbieżnych jest w stanie precyzyjnie i z minimalną zwłoką wyłączyć uszkodzone odcinki sieci. W artykule przedstawiono zasadę działania układów, wartości nastaw zabezpieczeń, a na przykładach rzeczywistych zakłóceń w sieci SN 6 kV przedstawiono działanie poszczególnych układów z ich zaletami i wadami.*

### 1. WPROWADZENIE

---

W układach zasilania kopalń równoległe linie kablowe średniego napięcia zasilające duże rozdzielnie SN, złożone z kabli pojedynczo wychodzących z Głównej Stacji Transformatorowo-Rozdzielczej (GST), posiadają tradycyjne zabezpieczenia nadprądowe i ziemnozwarciowe. W takich układach pracy podczas zwarć w jednym, dowolnym kablu zasilającym rozdzielnię SN, płyną również prądy zakłóceńowe w pozostałych kablach należących do tej linii. Prądy te posiadają praktycznie takie same wartości we wszystkich kablach równoległych linii zarówno podczas zwarć wielkoprądowych, jak i doziemnych. Z tego powodu występują trudności z poprawnym wykrywaniem uszkodzonego kabla takich linii przez tradycyjne zabezpieczenia nadprądowe [1,2]. Do wad układów z zastosowaniem tradycyjnych zabezpieczeń nadprądowych i ziemnozwarciowych należą:

- wyłączanie wszystkich kabli pracujących równoległe w linii kablowej (uszkodzonych i nieuszkodzonych),
- brak informacji, który kabel w linii kablowej jest rzeczywiście uszkodzony,

- stosunkowo długie czasy trwania zakłócenia z uwagi na potrzebę zapewnienia selektywności działań zabezpieczeń dla kolejnych rozdzielni (w niektórych przypadkach do 1,6 s zakłócenia wielkoprądowe, do 2,5 s zakłócenia ziemnozwarciowe),
- długi czas wykrycia uszkodzonego kabla przez obsługę.

Jednym ze sposobów zwiększenia selektywności wyłączenia lub wskazania uszkodzonego kabla jest zabudowanie przekaźników zabezpieczeniowych kierunkowych na początku i końcu każdego z równoległych kabli linii, jednak, jak wykazano dalej, rozwiązanie to również obciążone jest wieloma wadami.

Dążąc do poprawy selektywności wyłączenia zakłóceń w liniach kabli równoległych, w KGHM „Polska Miedź” SA w Oddziale ZG „Polkowice-Sieroszowice” opracowano i wdrożono do eksploatacji układy zabezpieczeń oparte o sprzężone światłowodowymi multiplekserami danych przekaźniki zabezpieczeniowe, zainstalowane na początku i końcu każdego kabla. Układ ten nazwano systemem zabezpieczeń współbieżnych. W artykule przedstawiono opis tego układu i oceniono jego działanie na podstawie analizy przebiegu zakłóceń zaistniałych w sieci.

## 2. LINIE KABLOWE Z ZABEZPIECZENIAMI KIERUNKOWYMI

Przed wprowadzeniem zabezpieczeń współbieżnych w rozdzielniach 6 kV GST-KSP (zlokalizowanej na powierzchni szybu SW-1) i Rdg-12 (zlokalizowanej w podziemiu kopalni na poziomie -1000 m) na każdym z trzech równoległych kabli linii zastosowane były następujące przekaźniki zabezpieczeniowe:

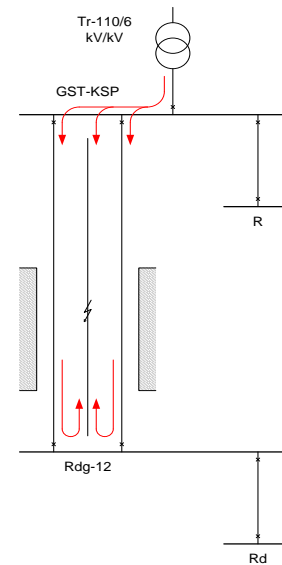
- w rozdzielni 6 kV GST-KSP: przekaźnik nadprądowy, przekaźnik ziemnozwarciowy kierunkowy (kierunek do Rdg-12),
- w rozdzielni 6 kV Rdg-12 przekaźnik z modułami: nadprądowym kierunkowym i ziemnozwarciowym kierunkowym (kierunki do GST-KSP) oraz moduł przeciążeniowy.

### 2.1. Przykład zakłócenia wielkopiędowego

W kwietniu 2009 roku na jednym z kabli równoległych powyższej linii pojawiło się zakłócenie wielkopiędowe. W wyniku eliminacji zakłócenia przez zabezpieczenia układ sieci przedstawiał się jak na rysunku 1.

Przebieg zakłócenia w rozdzielni 6 kV Rdg-12 w polu z uszkodzonym kablem przedstawia rysunek 2.

Na rysunku 3 przedstawiono napięcia fazowe i napięcie  $3U_0$  w rozdzielni Rdg-12. Na rysunku 4 przedstawiono napięcia międzyfazowe i napięcie  $3U_0$  w odległej dołowej rozdzielni 6 kV Rd-21.

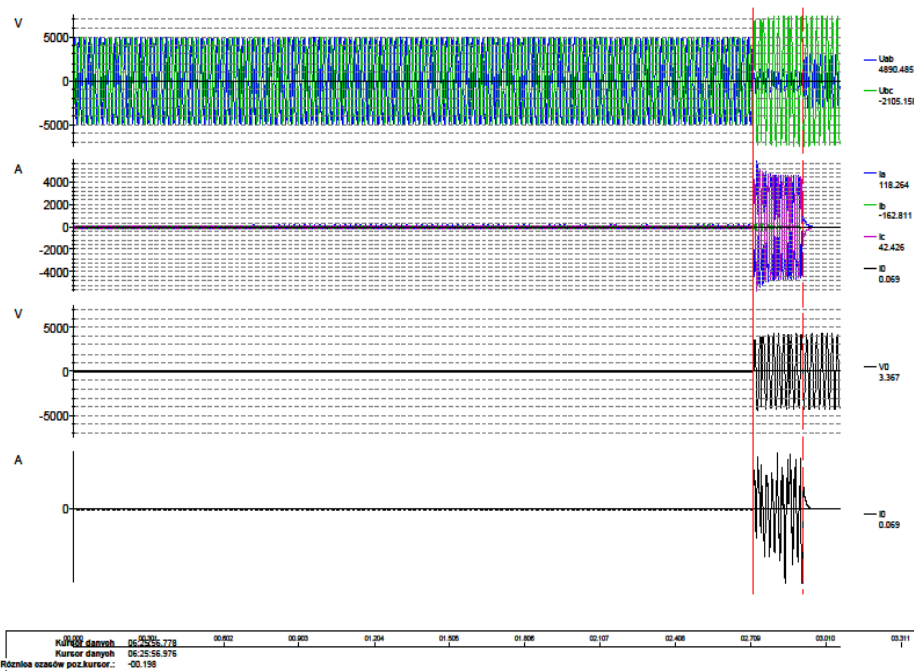


Rys. 1. Schemat sieci, po wyłączeniu zwarcia wielkopiędowego w jednym z kabli równoległych

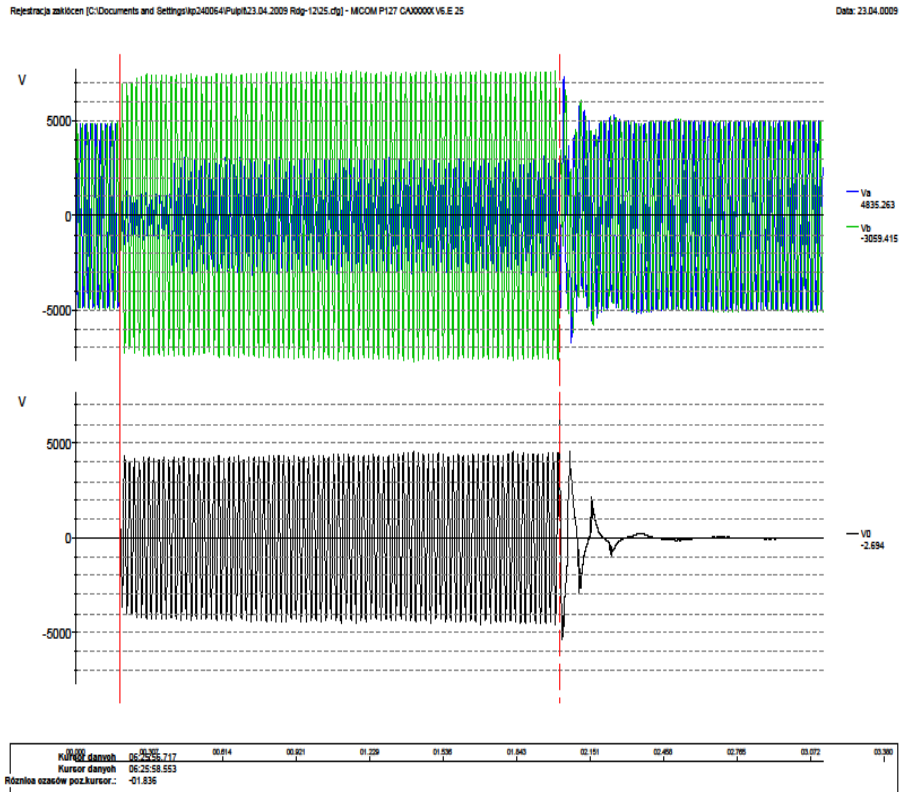
W wyniku działania zabezpieczeń doszło do precyzyjnego wyłączenia uszkodzonego kabla:

- w rozdzielni 6 kV GST-KSP – przez przekaźnik nadprądowy w czasie 1836 ms,
- w rozdzielni 6 kV Rdg-12 – przez moduł nadprądowy kierunkowy z kierunkiem do rozdzielni 6 kV GST-KSP, w czasie 198 ms.

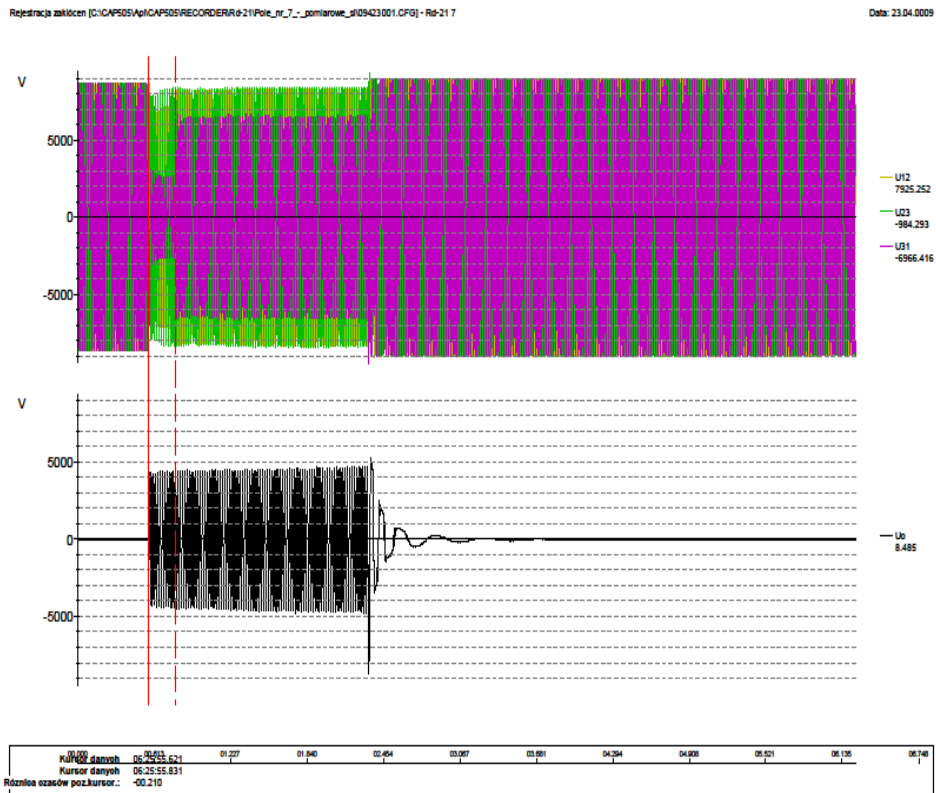
W ten sposób zminimalizowano duży „przysiad” napięcia dla części rejonu SW-1, do około 0,2 s, jak również bezbłędnie wskazano uszkodzony kabel w wiązce, jednakże ostateczne wyłączenie uszkodzonego kabla nastąpiło po upływie ok. 1,8 s.



Rys. 2. Przebieg zakłócenia w rozdzielni 6 kV Rdg-12, w polu z uszkodzonym kablem



Rys. 3. Napięcia fazowe i napięcie  $3U_0$  w rozdzielni 6 kV Rdg-12



Rys. 4. Napięcia międzyfazowe i napięcie  $3U_0$  w odległej dołowej rozdzielni 6 kV Rd-21

## 2.2. Przykład zakłócenia ziemnozwarciowego

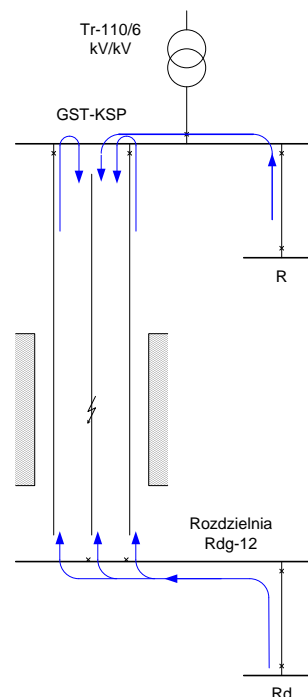
W marcu 2009 roku, w układzie identycznym jak wyżej, pojawiło się na jednym z kabli równoległych linii zakłócenie ziemnozwarciowe. W wyniku eliminacji zakłócenia przez zabezpieczenia układ sieci przedstawiał się jak na rysunku 5.

Przebieg zakłócenia w rozdzielni 6 kV Rdg-12, w polach zasilających, przedstawia rysunek 6. Na rysunku 7 przedstawiono napięcia międzyfazowe i napięcie  $3U_0$  w odległej dołowej rozdzielni 6 kV Rd-21.

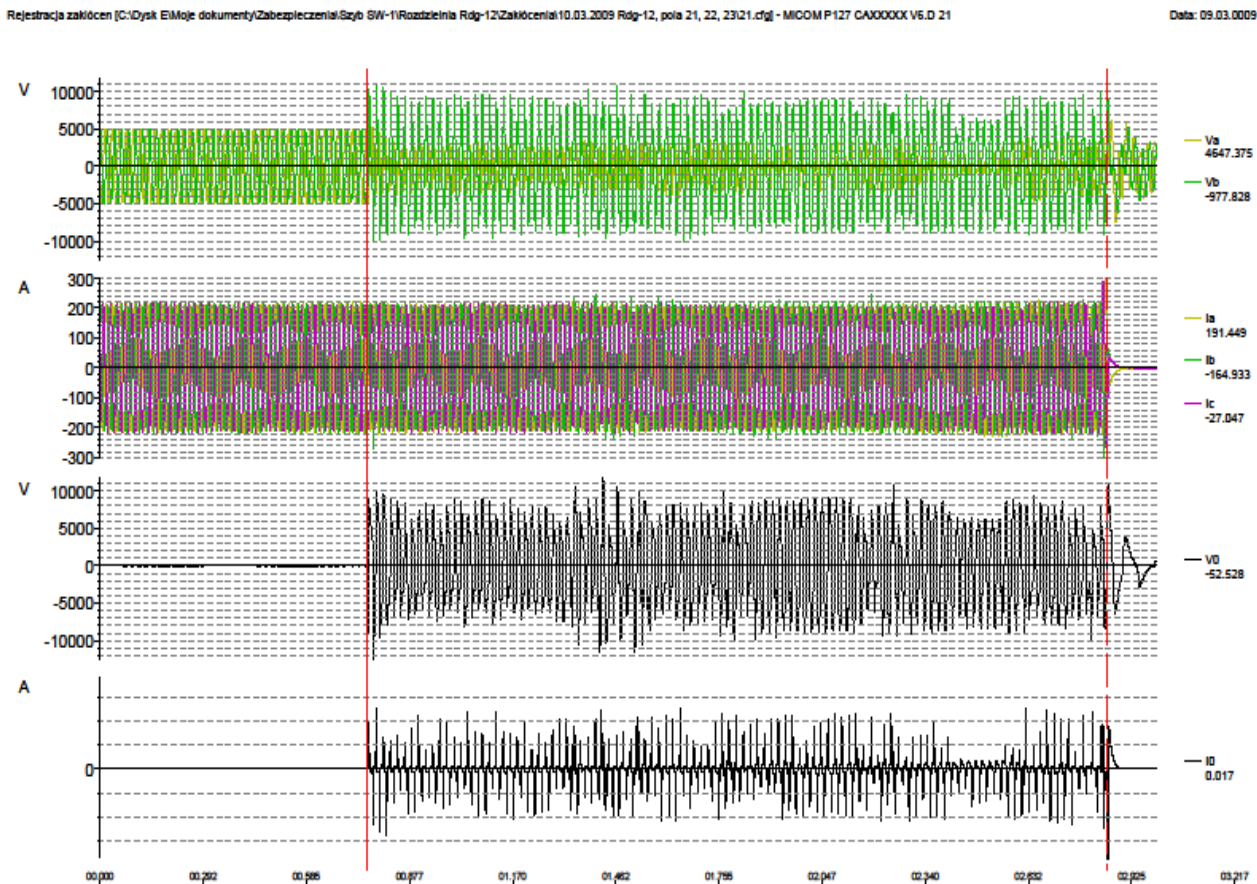
W wyniku działania zabezpieczeń doszło do precyzyjnego wyłączenia uszkodzonego kabla:

- w rozdzielni 6 kV Rdg-12, nastąpiło wyłączenie w czasie 2 s, przez moduły ziemnozwarciowe kierunkowe, wszystkich kabli zasilających,
- w rozdzielni 6 kV GST-KSP, nastąpiło wyłączenie w czasie 2,5 s uszkodzonego kabla, kable nieuszkodzone pozostały pod napięciem.

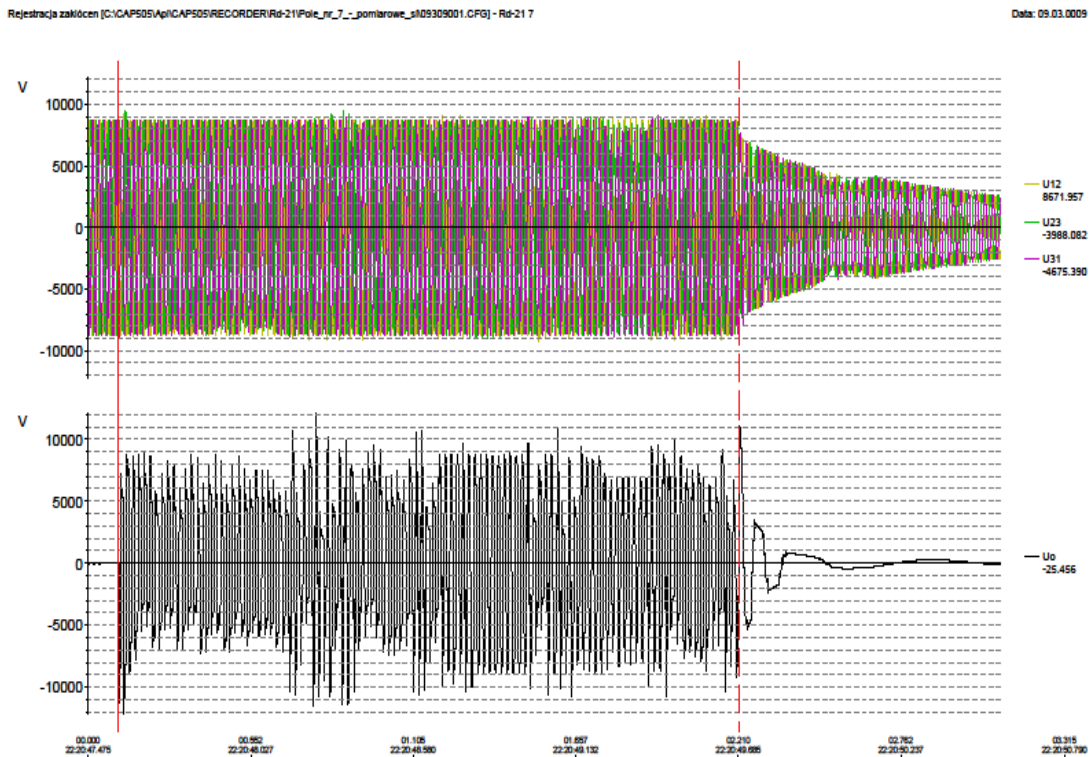
Wyeliminowanie uszkodzonego kabla nastąpiło w czasie ok. 2,5 s.



Rys. 5. Schemat sieci po likwidacji zakłócenia ziemnozwarciowego



Rys. 6. Przebieg zakłócenia w rozdzielni 6 kV Rdg-12, w polach zasilających



Rys. 7. Napięcia międzyfazowe i napięcie  $3U_0$  w odległej dolowej rozdzielni 6 kV Rd-21

### 2.3. Zalety i wady układu linii zasilającej, zabezpieczonej przekaźnikami z modułami kierunkowymi

#### Zalety:

Dla zakłóceń wieloprądowych uzyskano:

- praktycznie dziesięciokrotne skrócenie czasu głębokiego zapadu napięcia, (w przedstawionym zakłóceniu głęboki zapad napięcia trwał 198 ms, napięcie obniżyło się do około jednej trzeciej napięcia sprzed zakłócenia, w dalszej części zakłócenia, po wyłączeniu w rozdzielni 6 kV Rdg-12 uszkodzonego kabla, napięcie w sieci wzrosło do poziomu 73% napięcia znamionowego).

Dla zakłóceń ziemnozwarciowych uzyskano:

- natychmiastową informację o tym, który z kabli równoległych linii jest uszkodzony,
- możliwość szybkiego przywrócenia układu sieci.

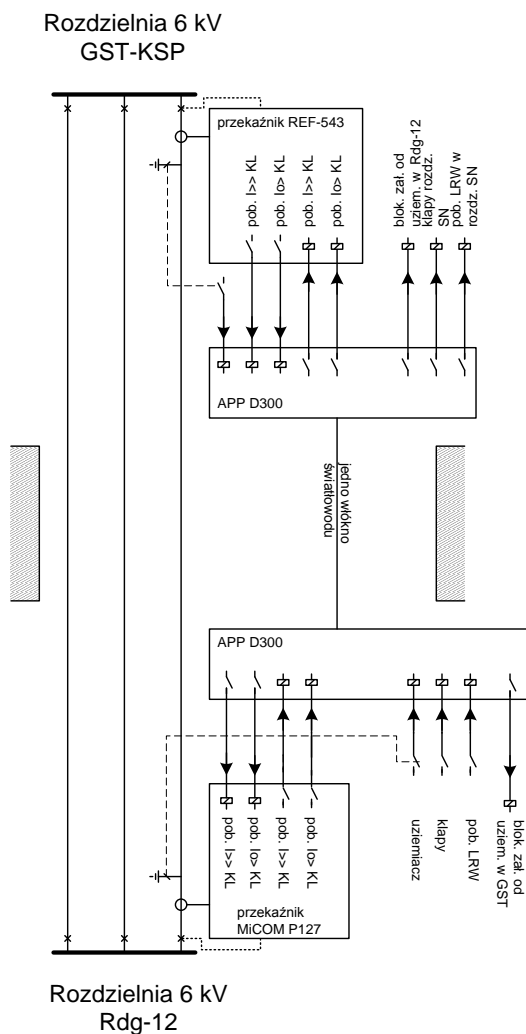
#### Wady:

- nastawa modułu nadprądowego musi być odstrojona od mogących pracować na zwarcie silników zasilanych z rozdzielni 6 kV Rdg-12,
- zwłoka czasowa modułu ziemnozwarciowego musi być o stopień wyższa od najdłuższej zwłoki czasowej odpyłów zasilanych z rozdzielni 6 kV GST-KSP,

- z rozdzielni 6 kV GST-KSP może być zasilana tylko jedna rozdzielnia 6 kV z takim układem zabezpieczeń ziemnozwarciowych,
- jakiegokolwiek niewłaściwe (zbyt długie) wyłączenie zakłócenia ziemnozwarciowego w odpyłach z rozdzielni 6 kV GST-KSP spowoduje błędne zadziałanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych w rozdzielni 6 kV Rdg-12,
- zakłócenie na kablach linii kablowej jednej sekcji, przy zasilaniu całej rozdzielni 6 kV Rdg-12 z jednej sieci, spowoduje wyłączenie obu sekcji rozdzielni 6 kV Rdg-12,
- z uwagi na niebezpieczeństwo pozostawienia w pracy jednego kabla zasilającego rozdzielnię 6 kV Rdg-12 (przy awaryjnym wyłączeniu dwóch kabli), kable zasilające rozdzielnię 6 kV Rdg-12 muszą być dodatkowo zabezpieczone od przeciążeń.

### 3. LINIE KABLOWE Z ZABEZPIECZENIAMI WSPÓLBIEŻNYMI

Dążąc do selektywnego wyłączenia zakłóceń w równoległych liniach kablowych pomiędzy rozdzielniami 6 kV GST-KSP i Rdg-12 wykonano system transmisji stanu styków przekaźników z zastosowaniem światłowodowego multipleksera danych typu APP D300, rysunek 8.



Rys. 8. Schemat poglądowy zabezpieczeń współbieżnych

Działanie systemu opiera się na szybkiej wymianie informacji o zakłóceniach pomiędzy współpracującymi przekaźnikami zabezpieczeniowymi. System umożliwia dwukierunkową transmisję danych jednym włóknem światłowodowym jednomodowym, po sześć kanałów w obu kierunkach, w czasie do 7 ms.

Przekaźniki sprzężone systemem transmisji danych wymieniają się następującymi informacjami:

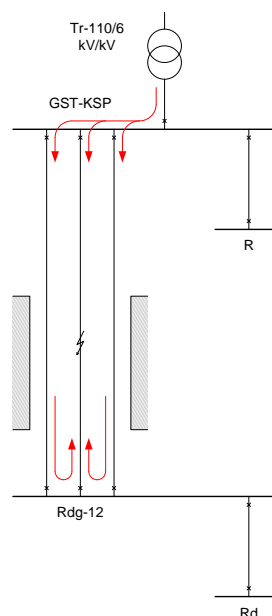
- każde pole w rozdzielni 6 kV GST-KSP bezzwłocznie wysyła do pola rozdzielni 6 kV Rdg-12 sygnały:
  - pobudzenia zabezpieczenia nadprądowego,
  - pobudzenia w strefie do przodu modułu zabezpieczenia ziemnozwarciowego kierunkowego,
  - zamknięcie uziemiacza stałego w polu przynależnego kabla,
- każde pole w rozdzielni 6 kV Rdg-12 bezzwłocznie wysyła do pola w rozdzielni 6 kV GST-KSP:
  - pobudzenie w strefie do tyłu modułu zabezpieczenia nadprądowego kierunkowego,
  - pobudzenie w strefie do tyłu modułu zabezpieczenia ziemnozwarciowego kierunkowego,

- zamknięcie uziemiacza stałego w przynależnym polu,
  - zadziałanie zabezpieczenia łukowego w przedziale przyłączowym,
  - zadziałanie LRW,
- para przekaźników systemu APP D300 przy pomocy jednego kanału kontroluje ciągłość światłowodu i transmisji; w razie przerwy pobudza sygnalizację akustyczną w rozdzielni 6 kV GST-KSP.

### 3.1. Działanie systemu zabezpieczeń współbieżnych

Działanie systemu zabezpieczeń współbieżnych przeanalizowano, biorąc pod uwagę różne możliwe warianty zakłóceń.

Zakłócenie wielkopiętrowe w jednym z kabli równoległych linii, jak na rys. 9.:

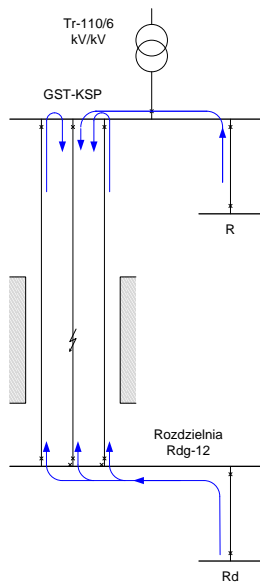


Rys. 9. Schemat sieci, w której założono zwarcie wielkopiętrowe

- w rozdzielni 6 kV GST-KSP:
  - we wszystkich polach pobudzenie w przekaźnikach zabezpieczeniowych modułu nadprądowego i rozpoczęcie odliczania nastawionej zwłoki czasowej na wyłączenie pola,
  - przesłanie informacji ze wszystkich pól, poprzez światłowodowe multipleksery cyfrowe, do przekaźników zabezpieczeniowych w rozdzielni 6 kV Rdg-12 o pobudzeniu modułów zabezpieczeniowych,
- w rozdzielni 6 kV Rdg-12:
  - pobudzenie modułu nadprądowego kierunkowego (kierunek do tyłu) tylko w polu z uszkodzonym kablem,

- z pola z uszkodzonym kablem, przesłanie informacji poprzez system do odpowiedniego przełącznika zabezpieczeniowego w rozdzielni 6 kV GST-KSP, o pobudzeniu modułu zabezpieczeniowego,
- przełączniki zabezpieczeniowe na uszkodzonym kablu, które otrzymały informacje o zakłóceniu w strefie (pomiędzy przełącznikami), skracają czas reakcji i powodują obustronne bezzwłoczne wyłączenie uszkodzonego kabla,
- pozostałe przełączniki w rozdzielni 6 kV GST-KSP i Rdg-12 odzwbudzają się.

Zakłócenie małoprądowe w jednym z kabli w równoległej linii kablowej, jak na rys. 10.:



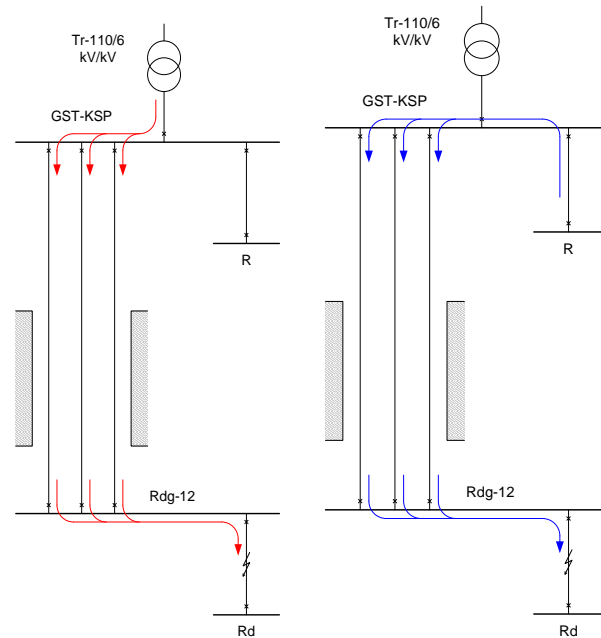
Rys. 10. Schemat sieci, w której założono zacięcie małoprądowe

- w rozdzielni 6 kV GST-KSP:
  - pobudzenie modułu nadprądowego ziemnozwarciowego (kierunek do przodu) tylko w polu z uszkodzonym kablem i rozpoczęcie odliczania nastawionej zwłoki czasowej na wyłącz pola,
  - przesłanie informacji, poprzez światłowodowy multiplekser cyfrowy, z pola z uszkodzonym kablem do przełączników zabezpieczeniowych w rozdzielni 6 kV Rdg-12, o pobudzeniu modułu zabezpieczeniowego,
- w rozdzielni 6 kV Rdg-12:
  - we wszystkich polach, pobudzenie w przełącznikach zabezpieczeniowych modułu ziemnozwarciowego kierunkowego (kierunek do tyłu),
  - przesłanie informacji ze wszystkich pól, poprzez system do przełączników zabezpieczeniowych w rozdzielni 6 kV GST-KSP, o pobudzeniu modułu zabezpieczeniowego,
- przełączniki zabezpieczeniowe na uszkodzonym kablu, które otrzymały informacje o zakłóceniu

w strefie (pomiędzy przełącznikami), skracają czas reakcji i powodują obustronne bezzwłoczne wyłączenie uszkodzonego kabla,

- pozostałe przełączniki w rozdzielni 6 kV GST-KSP i Rdg-12 odzwbudzają się.

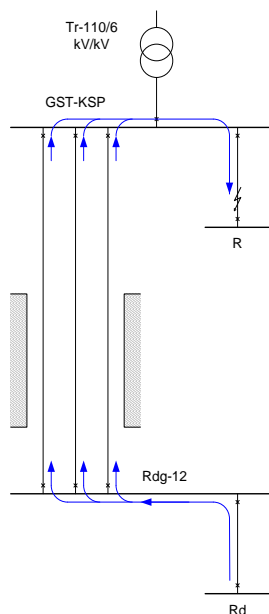
Zakłócenie na odpływie do rozdzielni 6 kV Rd zasilanej z rozdzielni 6 kV Rdg-12, jak na rys. 11.:



Rys. 11. Schematy sieci, w których założono zacięcie na odpływie do rozdzielni Rd

- w rozdzielni 6 kV GST-KSP:
    - we wszystkich polach, pobudzenie w przełącznikach zabezpieczeniowych modułu nadprądowego/ziemnozwarciowego kierunkowego (kierunek do przodu) i rozpoczęcie odliczania nastawionej zwłoki czasowej na wyłącz,
    - przesłanie, poprzez system, informacji ze wszystkich pól do przełączników zabezpieczeniowych w rozdzielni 6 kV Rdg-12 o pobudzeniu modułu zabezpieczeniowego,
  - w rozdzielni 6 kV Rdg-12:
    - we wszystkich polach pobudzenie w przełącznikach zabezpieczeniowych modułu nadprądowego kierunkowego (kierunek do przodu), moduł ziemnozwarciowy zablokowany i rozpoczęcie odliczania nastawionej zwłoki czasowej na wyłącz pola,
  - przełączniki zabezpieczeniowe realizują działania z nastawionymi zwłokami czasowymi.
- Zakłócenie na odpływie do rozdzielni 6 kV R zasilanej z rozdzielni 6 kV GST-KSP, jak na rys. 12.:
- w rozdzielni 6 kV GST-KSP:
    - we wszystkich polach, zablokowanie w przełącznikach zabezpieczeniowych modułów nadprądowych i ziemnozwarciowych kierunkowych,

- w rozdzielni 6 kV Rdg-12:
  - we wszystkich polach, pobudzenie w przekaźnikach zabezpieczeniowych modułu nadprądowego lub/i ziemnozwarciowego kierunkowego (kierunek do GST), jednak bez impulsu potwierdzającego zakłócenie w strefie, moduły zablokowane,
- brak działania przekaźników zabezpieczeniowych.



Rys. 12. Schemat sieci, w której założono zwarcie na odpływie do rozdzielni R

Dodatkowo, tak wykonany, cyfrowy system wymiany informacji pomiędzy przekaźnikami zabezpieczeniowymi umożliwił:

- wprowadzenie w polach wzajemnych blokad załączenia pola przy zamkniętym uziemiaczu stałym na drugim końcu kabla, dzięki przesyłaniu informacji pomiędzy polami rozdzielni 6 kV GST-KSP a Rdg-12 o stanie położenia uziemiaczy stałych,
  - pole odpływowe w rozdzielni 6 kV GST-KSP posiada blokadę, uniemożliwiającą załączenie pola przy zamkniętym uziemiaczu stałym w rozdzielni 6 kV Rdg-12,
  - pole zasilające w rozdzielni 6 kV Rdg-12 posiada blokadę, uniemożliwiającą załączenie pola przy zamkniętym uziemiaczu stałym w rozdzielni 6 kV GST-KSP.
- realizację lokalnej rezerwy wyłącznikowej (LRW) dla wyłączników w polach zasilających rozdzielni 6 kV Rdg-12 poprzez wysłanie sygnału na wyłącznik w rozdzielni GST-KSP w przypadku niesprawności wyłącznika w rozdzielni Rdg-12,
- realizację zabezpieczenia łukoochronnego pól zasilających przedziału przyłączeniowego i wyłącznikowego rozdzielni 6 kV Rdg-12 poprzez wysłanie sygnału na wyłącznik w rozdzielni 6 kV

GST-KSP w przypadku zadziałania zabezpieczenia łukowego (umożliwia wyłączenie w czasie poniżej 100 ms, co jest szczególnie istotne dla rozdzielnic z wytrzymałością łukową określoną przez producenta na 100 ms.

### 3.2. Przykład pobudzenia układu zabezpieczeń współbieżnych

Do chwili obecnej układ zabezpieczeń współbieżnych nie zadziałał (nie wystąpiły zakłócenia w przedmiotowych liniach kablowych). Natomiast odnotowano pobudzenia układu przy zakłóceniach poza strefą; oto przykład:

Dwufazowe zwarcie z ziemią w rozdzielni Rd-18.9, jak na rysunku 13. Zakłócenie zarejestrowane w rozdzielni nadrzędnej 6 kV Rd-12.1.

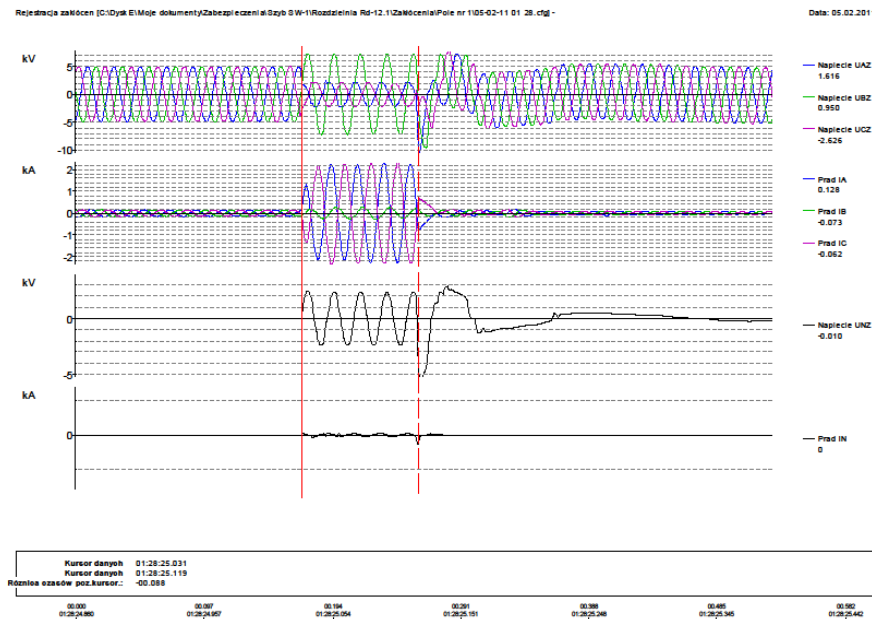
Nastąpiło pobudzenie zabezpieczeń w rozdzielni 6 kV GST-KSP:

- podstawowe, rozpoczęły „odliczanie na wyłącz”:
  - ziemnozwarciowe DEF2LOW – 4,8% czasu nastawionego,
  - nadprądowe NOC3LOW – 6,0% czasu nastawionego,
- współbieżne, „zauważyły” zakłócenie poza zabezpieczaną strefą:
  - ziemnozwarciowe DEF2Inst – 0,0%,
  - nadprądowe NOC3Inst – 0,0%.

## 4. WNIOSKI

- Czas trwania zakłóceń w równoległych liniach kablowych chronionych za pomocą tradycyjnych zabezpieczeń jest stosunkowo długi i w większości przypadków równy jest maksymalnemu dopuszczalnemu czasowi trwania zakłóceń (1,60 s – zakłócenia wielkopiętrowe i 2.5 s – zakłócenia ziemnozwarciowe),
- Podstawową zaletą zastosowania zaprezentowanych zabezpieczeń współbieżnych w równoległych liniach kablowych jest skrócenie czasu trwania zakłócenia praktycznie do poziomu czasów własnych przekaźników i aparatów wyłączających. Suma czasów niezbędna na rozpoznanie zakłócenia, przetworzenie, przekazanie sygnału pomiędzy przekaźnikami zabezpieczeniowymi, wystawienie impulsu na „wyłącz” i otwarcie wyłączników uszkodzonego kabla nie powinna przekroczyć 140 ms.
- Dzięki zastosowaniu zabezpieczeń współbieżnych skutki uszkodzenia będą nieporównywalnie mniejsze niż przy tradycyjnym sposobie zabezpieczania w równoległych liniach kablowych.





Rys. 13. Zakłócenie zarejestrowane w rozdzielni nadrzędnej 6 kV Rd-12.1

- Istotną zaletę zabezpieczeń współbieżnych równoległych linii kablowych stanowi znaczne skrócenie czasu trwania:
  - zapadu napięcia przy zakłóceniach wieloprądowych,
  - niebezpiecznych napięć rażeniowych,
  - zlikwidowanie straty czasu na wyszukanie przez obsługę uszkodzonego kabla i odbudowanie układu elektroenergetycznego.
- Sprzężenie przekaźników zabezpieczeniowych poprzez styki dwustanowe pozwala na realizację zabezpieczeń współbieżnych w oparciu o przekaz-

niki różnych typów, zarówno analogowe jak i cyfrowe.

#### Literatura

1. Synal B., Rojewski W., Dzierżanowski W.: Elektroenergetyczna Automatyka Zabezpieczeniowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
2. Winkler W., Wiszniewski A.: Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych, WNT, Warszawa 2009.

Recenzent: dr inż. Witold Dzierżanowski

#### SELECTIVE EXCLUSION OF ELECTRICAL DISTURBANCES IN MEDIUM-VOLTAGE PARALLEL CABLE LINES

In many power supply systems in coal mines there are medium-voltage parallel cable lines which supply big medium-voltage switching stations, made of single cables coming from the main supply station. These lines have traditional over-current and ground-current protection and the used protection relays find it difficult to properly identify disturbances. In order to minimize the impact of disturbances on parallel cables, the copper mining plant KGHM S.A. changed the method of shaft cables protection in the Polkowice-Sieroszowice copper mine. Parallel protection was applied along with light-pipe- and multiplexer-based fast communication between co-operating protection relays. The parallel protection system is able to turn off the damaged sections of the network very precisely and with minimum delay. The article presents the principles of the systems operations and the values of protection adjustments. Additionally, the operations of particular systems, with their advantages and disadvantages, were described on the basis of real disturbances in a medium-voltage 6 kV network.

#### СЕЛЕКТИВНОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОМЕХ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Во многих схемах питания шахт параллельные кабельные линии среднего напряжения, питающие большие распределительные станции SN, состоящие из кабелей выходящих из Главной Станции Питания в отдельности, имеют традиционные решения в области максимальных защит тока и защит от замыканий на землю, а используемые защитные реле «имеют большие затруднения» с правильной идентификацией помех. В KGHM „Polska Miedź” SA в Отделении ZG „Polkowice-Sieroszowice”, стремясь к минимализации последствий помех на параллельно работающих кабелях, изменено способ защиты шахтных кабелей. Использованы защиты, согласованные с применением, основанной на волоконно-оптической сети и мультиплексорах, быстрой связи между совместно работающими защитными реле. Система согласованных защит в состоянии точно и с минимальной задержкой выключить повреждённые отрезки сети. В реферате представлен принцип работы систем, значения установок защит, а на примерах настоящих помех в сети SN 6KV представлена работа отдельных схем с их недостатками и достоинствами.