

6

TELETRANSMISYJNA BARIERA ISKROBEZPIECZNA JAKO ELEMENT BEZPIECZEŃSTWA W PRZEWODOWYCH SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI

6.1 WPROWADZENIE

W telekomunikacji, którą definiuje się jako transmisja informacji jakiegokolwiek natury od źródła do jej odbiornika, istotne są nie tylko układy przetwarzające wielkości fizyczne na elektryczne, lecz również środowisko w którym zainstalowane są urządzenia końcowe tych systemów. Środowisko techniczne podziemnych zakładów górniczych stwarza wiele ograniczeń dla systemów telekomunikacyjnych eksploatowanych w kopalniach, spośród których zasadnicze to [2, 3]:

- Konieczność stosowania urządzeń budowy przeciwwybuchowej. W kopalniach zagrożonych wybuchem metanu, urządzenia dołowe oraz interfejsy dołowe powierzchniowych systemów telekomunikacyjnych powinny być budowy przeciwwybuchowej, umożliwiającej ich pracę przy dowolnej koncentracji metanu. Z uwagi na wilgotność, zasolenie i obecność pyłów wszystkie dołowe urządzenia telekomunikacyjne powinny posiadać stopień ochrony obudowy minimum IP54.
- Ograniczona ciągłość zasilania urządzeń końcowych z dołowej sieci elektroenergetycznej. Jest to związane z nieplanowanymi wyłączeniami wywołanymi np. zadziałaniem zabezpieczeń metanometrycznych. Przekroczenie progu alarmowego metanomierza powoduje automatyczne wyłączenie energii elektrycznej w danym rejonie wentylacyjnym. Zaleca się więc by systemy telekomunikacyjne były zasilane centralnie z powierzchni (napięciem iskrobezpiecznym), a także (o ile to konieczne), by posiadały autonomiczne iskrobezpieczne źródła zasilania (bateria, akumulator).

Takie ograniczenia stały się podstawą do instalacji w dołowych liniach kablowych urządzeń teletransmisyjnych, zwanych potocznie barierami iskrobezpiecznymi. W każdym przewodowym systemie teletransmisyjnym bariera iskrobezpieczna pełni wiele istotnych funkcji.

6.2 ROLA ISKROBEZPIECZNYCH URZĄDZEŃ TELETRANSMISYJNYCH W SIECIACH KABLOWYCH

W kopalniach najpowszechniejsze usługi telekomunikacyjne związane są z systemami ogólnozakładowej łączności telefonicznej oraz systemami łączności alarmowej. Ponad 60% wszystkich dołowych linii abonenckich eksploatowanych w kopalniach jest wykorzystywana dla potrzeb tych systemów¹. Pozostałe 35% linii telekomunikacyjnych jest wykorzystywanych w systemach gazometrii, a reszta w innych systemach teletransmisyjnych (np. geofizyka, czy dwustanowa transmisja danych) [4].

W kopalniach metanowych wszystkie systemy telekomunikacyjne, w tym w szczególności systemy łączności i alarmowania, są iskrobezpieczne, przystosowane do pracy przy dowolnej koncentracji metanu. Iskrobezpieczeństwo w kopalnianych systemach telekomunikacyjnych osiąga się w ten sposób, że na powierzchni, najczęściej w budynkach central czy dyspozytorni zakładowych, pomiędzy dołowym urządzeniem abonenckim (UA) a urządzeniem stacyjnym, włączone jest urządzenie teletransmisyjne (UT). Zapewnia ono (od tego miejsca) iskrobezpieczeństwo linii teletransmisyjnej wraz z urządzeniem abonenckim. Tego typu funkcjonalność urządzeń teletransmisyjnych² decyduje o ich stosowaniu we wszystkich dołowych liniach telekomunikacyjnych, które powinny spełniać warunki iskrobezpieczeństwa.

Struktura urządzeń teletransmisyjnych zapewniających określony poziomu bezpieczeństwa przewodowych dołowych linii telekomunikacyjnych zostanie opisana na przykładach barier iskrobezpiecznych stosowanych w systemach łączności i alarmowania. Systemy te w największym stopniu wykorzystują dołowe linie telekomunikacyjne i decydują o strukturach kablowych sieci telekomunikacyjnych.

W przypadku systemów realizujących iskrobezpieczną łączność telefoniczną oraz alarmową, urządzenie teletransmisyjne pełni wiele funkcji, w tym przede wszystkim [1]:

- transmituje sygnały rozmówne w obie strony,
- zasila UA stałym napięciem iskrobezpiecznym (z zachowaniem wymagań dla poziomu zabezpieczenia ia), zapewniając równocześnie separację galwaniczną od centralnego źródła zasilania znajdującego się najczęściej na powierzchni,
- w systemach alarmowania ładuje baterię lokalną w telefonie sygnalizatorze,

¹ W kopalniach węgla, czy rud miedzi jest to od 500 do ponad 800 linii dołowych.

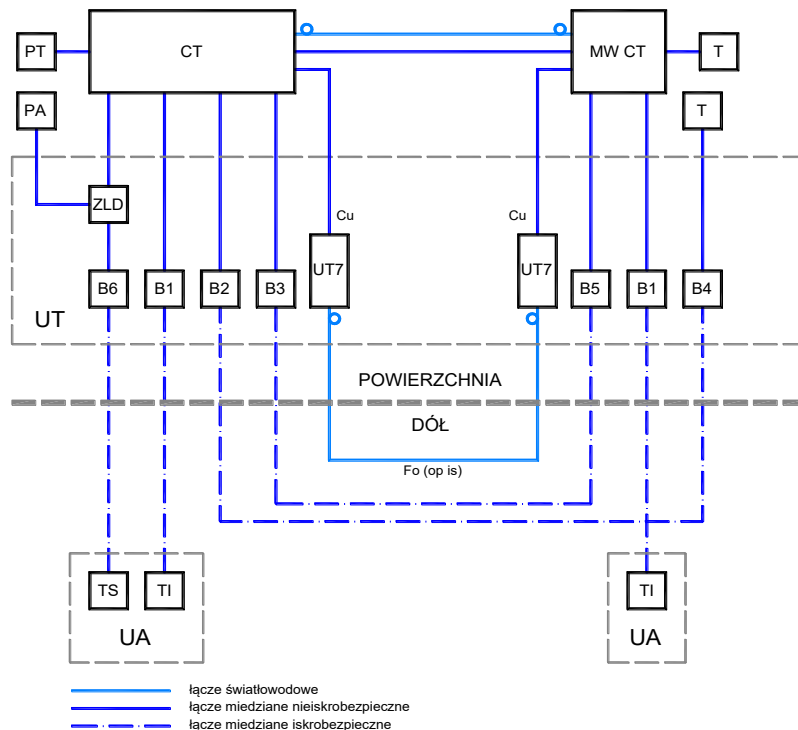
² Iskrobezpieczne urządzenia teletransmisyjne określone w tym artykule ogólnym symbolem UT są oznaczane przez producentów nazwami własnymi: np. ZSD (zespół separacji dołowej), ZSI (zespół separacji iskrobezpiecznej), TBI (teletransmisyjna bariera iskrobezpieczna), AUI (abonenckie urządzenie iskrobezpieczne), LPI (liniowy port iskrobezpieczny) itp.

- dokonuje detekcji standardowego sygnału dzwonienia wysyłanego przez centralę telefoniczną (25 Hz, ok. 70 V_{pp}) i konwertuje go na sygnał odpowiedni dla iskrobezpiecznego UA; może to być np. zmiana biegunowości zasilania UA,
- dokonuje detekcji sygnału podniesienia mikrofonu w iskrobezpiecznym UA i przekazuje ten sygnał do CT; w powierzchniowym obwodzie teletransmisyjnym (pomiędzy UT i CT) wymusza określony przepływ prądu stałego o wartości większej od przyjętej dla przypadku stanu spoczynkowego telefonu.

6.3 RODZAJE KOPALNIANYCH URZĄDZEŃ TELETRANSMISYJNYCH

Zasady budowy iskrobezpiecznych systemów łączności są następujące:

- Centrala oraz moduły wyniesione tej centrali (MW CT) są instalowane na powierzchni w pomieszczeniach bezpiecznych pod względem wybuchowym. W kopalniach najczęściej stosuje się seryjnie produkowane cyfrowe centrale telefoniczne abonenckie oraz serwery telekomunikacyjne (np. firm DGT, SIEMENS, AWAYA).
- Iskrobezpieczne urządzenia abonenckie (np. telefony iskrobezpieczne TI, telefony sygnalizatory TS z rys. 6.1) są instalowane w wyrobiskach w strefach zagrożonych wybuchem. Czasami są one również zabudowane na powierzchni, w rejonach przyszybowych. Mogą pracować w dowolnej koncentracji metanu.



Rys. 6.1 Możliwe sposoby wykorzystania urządzeń teletransmisyjnych (B1-B6), w kopalnianym systemie łączności i alarmowania.

PT, PA – dyspozytorski pulpit telefoniczny, alarmowy,
ZLD – zespół liniowy dyspozytorski systemu alarmowania STAR

Źródło: [4]

W pobliżu stojaków urządzeń stacyjnych central telefonicznych czy alarmowych, instalowane są dodatkowe stojaki przeznaczone dla zabudowy iskrobezpiecznych urządzeń teletransmisyjnych popularnie nazywane stojakami barier iskrobezpiecznych.

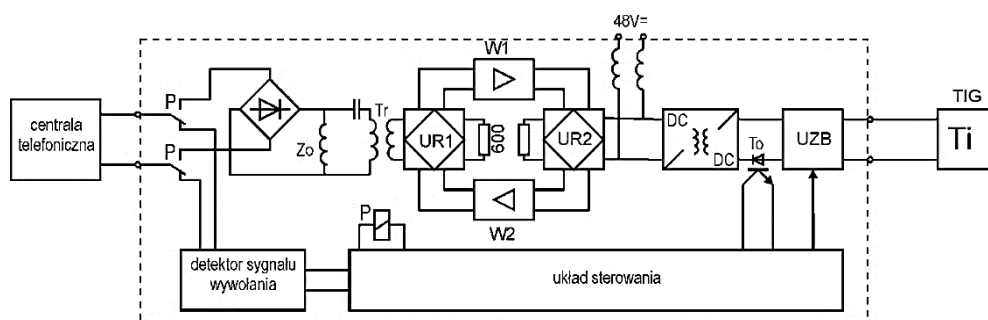
Z przyjętych założeń wynika ogólny schemat blokowy takiego systemu, który został przedstawiony na rys. 6.1 [4]. Na rysunku tym pokazano możliwe sposoby połączenia urządzeń abonenckich z centralami poprzez różne rodzaje iskrobezpiecznych urządzeń teletransmisyjnych (B1 do B6). Na rysunku tym przedstawiono także przykładowe sposoby połączenia CT z modułem wyniesionym centrali MW CT (np. zainstalowanym przy szybie peryferyjnym). Takie połączenie można zrealizować nie tylko na powierzchni (kablami światłowodowymi lub miedzianymi w których prowadzone są obwody nieiskrobezpieczne), lecz także wyrobiskami dołowymi przez strefy zagrożone w kablach:

- żyłach miedzianych (UT o symbolach B3-B5),
- światłowodowych z przetwornikami elektrooptycznymi (UT7) wykorzystując w urządzeniu teletransmisyjnym przeciwwybuchowe elementy optyczne cechy opis.

Nieiskrobezpieczny telefon powierzchniowy T (rys. 6.1) można również połączyć z CT wyrobiskami dołowymi poprzez strefy zagrożone. Wykorzystuje się do tego celu specjalne iskrobezpieczne urządzenia teletransmisyjne, które posiadają odpowiednie interfejsy przystosowane do współpracy z CT (bariera B2), względnie telefonem T (bariera B4). Bariery B1 stosuje się dla połączeń centrali z dołowymi telefonami iskrobezpiecznymi TI, a bariery B6 dla połączeń z iskrobezpiecznymi telefonami sygnalizatorami TS systemów alarmowania. Bariery B3 oraz B5 stosowane są w teletransmisyjnych łączach cyfrowych i międzycentralowych.

W linii teletransmisyjnej, od CT do iskrobezpiecznego UA, zarówno dla sygnałów stałoprądowych (zasilających UA) jak i zmiennoprądowych w urządzeniach teletransmisyjnych należy zastosować odpowiednie elementy separacyjne.

Zasadniczym elementem pozwalającym na galwaniczną separację iskrobezpiecznego napięcia zasilania UA od nieiskrobezpiecznego źródła zasilania stałoprądowego 48VDC (rys. 6.2) jest przetwornica DC/DC ze sprzężeniem transformatorowym.



Rys. 6.2 Schemat blokowy bariery teletransmisyjnej typu ZSD4 systemu UTI

Źródło: [1]

Źródło zasilania gwarantowanego DC w kopalniach stanowi najczęściej modułowa siłownia telekomunikacyjna buforowana dwoma zestawami baterii akumulatorów oraz spalinowym zespołem prądotwórczym [1, 3].

6.4 BARIERA TRANSFORMATOROWA

Od kilkudziesięciu lat w kopalnianych systemach łączności i alarmowania dla separacji dołowego obwodu iskrobezpiecznego od nieiskrobezpiecznego, producenci barier iskrobezpiecznych (UT) najczęściej stosują specjalny transformator liniowy. W pierwszych barierach w ogólnozakładowych systemach łączności stosowano tylko pasywne urządzenia teletransmisyjne z przetwornicą DC/DC. Tego typu rozwiązanie bariery iskrobezpiecznej charakteryzowało się jednak dużą tłumiennością liniową, co w znacznym stopniu pogarszało warunki słyszalności w iskrobezpiecznych telefonach górniczych, przyłączonych do długich (kilkukilometrowych) linii abonenckich [4].

Dla eliminacji tego zjawiska w barierach iskrobezpiecznych stosuje się obecnie układy wzmacniakowe, które umożliwiają wzmocnienie sygnałów rozmównych w obu kierunkach. Na rys. 6.2 przedstawiono schemat blokowy bariery typu ZSD systemu UTI³.

Układ wzmacniakowy zawiera dwa wzmacniacze W1 i W2 oraz dwa układy rozgałęźne UR1 i UR2. Ze względu na możliwość wzbudzenia się układu wzmacniakowego istotne jest dobre zrównoważenie układów rozgałęźnych. Układy rozgałęźne od strony centrali telefonicznej są zrównoważone rezystancją około 600Ω , a od strony telefonu iskrobezpiecznego górniczego (TIG) odpowiednim rezystancyjno-kondensatorowym równoważnikiem torowym. Podniesienie mikrotelefonu w telefonie Ti spowoduje przepływ prądu zasilającego telefon, co przez transoptor jest przekazywane do układu sterowania i powoduje wzbudzenie przekaźnika P przyłączającego do centrali interfejs z układem Graetza i dławikiem Zo. Między telefonem Ti i centralą zostaje zestawione połączenie dla transmisji głosu. W przypadku gdy translacja abonencka CT wyśle do bariery iskrobezpiecznej sygnał wywołania, sygnał ten zostanie wykryty przez układ detekcji sygnału wywołania w UT, co spowoduje zmianę polaryzacji zasilania telefonu iskrobezpiecznego przez układ zmiany biegunowości UZB i emisję sygnału wywołania przez Ti. Elementem toru głosowego w barierze jest przetwornica DC/DC ze sprzężeniem transformatorowym. Bariery teletransmisyjne są przystosowane do montażu w kasetach EURO o wysokości 3U. Widok iskrobezpiecznej bariery teletransmisyjnej typu ZSD-4 został przedstawiony na rys. 6.3. Specjalny separujący transformator liniowy w barierze TBI jest przykręcony do płytki drukowanej i osłonięty płytą aluminiową.

³ UTI „urządzenia telefonii iskrobezpiecznej” jest to skrót firmowej nazwy systemu telefonii iskrobezpiecznej dla telefonów z klawiaturami wybierczymi produkcji firmy TELVIS z Katowic.



Rys. 6.3 Bariera teletransmisyjna ZSD-4

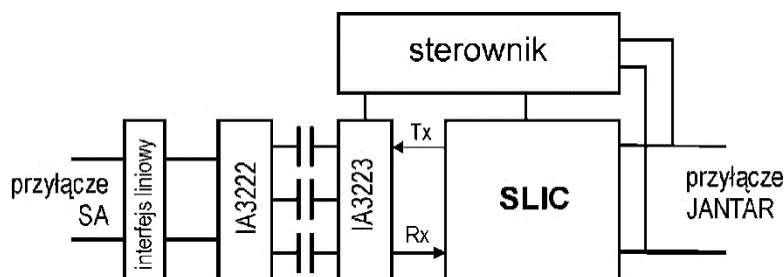
6.5 BARIERA KONDENSATOROWA

Jak już wspomniano, większość producentów kopalnianych systemów telekomunikacyjnych, dla zapewnienia separacji iskrobezpiecznego obwodu dołowego od urządzeń powierzchniowych, stosuje w barierach iskrobezpiecznych specjalne transformatory separacyjne. Wyjątkiem jest zintegrowany system iskrobezpiecznej łączności telefonicznej i alarmowej typu HETMAN. W urządzeniu teletransmisyjnym tego systemu, zapewniającym iskrobezpieczeństwo linii dołowej, firma COMONET z Gdańska po raz pierwszy zastosowała kondensatory zamiast transformatora.

System HETMAN w części stacyjnej oparty jest na typowym serwerze telekomunikacyjnym typu DGT IPnova ze zmodyfikowanym oprogramowaniem, umożliwiającym realizację dodatkowych, specyficznych usług telekomunikacyjnych, właściwych nie tylko dla realizacji łączności telefonicznej, lecz również i alarmowej⁴. Nazywany jest w kopalniach serwerem alarmowania (SA). Budowa, działanie i opis realizowanych funkcji a także możliwe konfiguracje zabudowy urządzeń systemów łączności telefonicznej i alarmowania typu: STAR, SAT, HETMAN i ZEUS zostały szeroko opisane w literaturze [np. 1, 3].

Podstawowym elementem liniowym zapewniającym iskrobezpieczeństwo linii dołowej jest teletransmisyjna bariera iskrobezpieczna typu TBI. Uproszczony schemat blokowy fragmentu bariery TBI, przedstawiający zasadę kondensatorowej separacji galwanicznej w torze rozmównym, przedstawiono na rys. 6.4. Bariera TBI stanowi interfejs pomiędzy nieiskrobezpiecznym obwodem abonenckim SA a obwodem iskrobezpiecznym do telefonu sygnalizatora JANTAR.

⁴ funkcje dodatkowe to przede wszystkim ciągły monitoring linii abonenckiej i sygnalizacja jej uszkodzenia, ładowanie i monitoring baterii lokalnej znajdującej się w telefonie sygnalizatorze JANTAR priorytet sygnałów alarmowych itp.



Rys. 6.4 Uproszczony schemat blokowy bariery TBI

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4]

Dla zasilania stałoprądowego telefonu sygnalizatora JANTAR w barierze TBI separacja galwaniczna jest zrealizowana tradycyjnie z zastosowaniem przetwornicy DC/DC.

W systemie alarmowania HETMAN dla transmisji sygnałów rozmównych w dołowej linii abonenckiej zastosowano po raz pierwszy sprzężenie pojemnościowe o nazwie firmowej IsoBridge. Użyto w nim pary specjalizowanych układów scalonych (IA3222/IA3223), a elementy separacyjne w torze stanowią trzy kondensatory (o pojemności około 0,7 pF) zrealizowane na płycie drukowanej jako dyski miedziane o średnicy 3,5-5 mm po obu stronach laminatu [4].

Poprzez sprzężenie pojemnościowe przekazywane są sygnały analogowe po przetworzeniu ich na sygnały częstotliwościowe. Układ scalony IA3222 (po stronie obwodu do centrali telefonicznej) nie wymaga zasilania i wraz z kilkoma elementami dyskretnymi realizuje funkcje telefonu. Sygnały sterujące i foniczne z obwodu wejściowego centrali telefonicznej przekształcane są (w interfejsie liniowym) na sygnały częstotliwościowe i przez sprzężenie pojemnościowe przekazywane do układu scalonego IA3223, skąd poprzez wyjście RX są przekazywane do liniowego interfejsu abonenckiego SLIC (subscriber line interface circuit). Układ scalony SLIC spełnia funkcje abonenckiego zespołu liniowego centrali telefonicznej (translacji TA). Zasila on łącze abonenckie, wytwarza prąd dzwonienia, nadzoruje i testuje łącze abonenckie. Sygnały do elementu SLIC dochodzą dwutorowo (Tx, Rx), a wychodzą jednotorowo i poprzez zespół kolejnych zabezpieczeń są transmitowane do iskrobezpiecznej linii abonenckiej. Dodatkowe zabezpieczenia na wyjściu bariery, które stanowią bezpieczniki, diody Zenera i tyrystory, umożliwiają (w przypadku np. wzrostu napięć i prądów w linii abonenckiej) odcięcie toru abonenckiego w zabezpieczonym obwodzie.

Wybrane parametry elektryczne obwodu wejściowego (nieiskrobezpiecznego od strony centrali) oraz wyjściowego (iskrobezpiecznego do UA JANTAR) teletransmisyjnej bariery iskrobezpiecznej TBI przedstawiono w tabeli 6.1.

Pobór prądu przez urządzenie teletransmisyjne TBI zależy od stanu łącza abonenckiego (off hook – stan aktywny, on hook – stan spoczynkowy) i nie przekracza 50 mA przy zasilaniu bezpośrednio z siłowni telekomunikacyjnej napięciem wynoszącym około 54 V (48 V ± 20%). Napięcie wyjściowe z siłowni jest

zawsze wyższe od znamionowego napięcia 48 V, z uwagi na konieczność ładowania baterii akumulatorów pracujących w buforze z siłownią telekomunikacyjną.

Tabela 6.1 Parametry elektryczne urządzenia teletransmisyjnego typu TBI

Parametry wejściowe TBI		Parametry wyjściowe TBI	
U_{max}	66 V _{DC}	U_o	48 V
I_{max}	50 mA	I_o	60 mA
P_{max}	2,1 W	P_o	2,9 W
U_{AC}	75 V _{AC}	C_o	0,9 μ F
		L_o	90 mH

Źródło: [4]

6.6 PODSUMOWANIE

Transformator w obwodzie liniowym UT w dużo większym stopniu tłumi wyższe częstotliwości w porównaniu z kondensatorami wpiętymi szeregowo w linię transmisyjną.

Zastosowanie w obwodach liniowych UT kondensatorów separacyjnych w miejsce transformatorów stanowi nowatorskie rozwiązanie techniczne. Ma to ogromne znaczenie dla transmisji sygnałów elektrycznych o wyższych (ponadakustycznych) częstotliwościach przez bariery iskrobezpieczne. Udostępniło to użytkownikowi urządzenia abonenckiego JANTAR wiele dodatkowych, niedostępnych dotychczas funkcji [1]:

- monitorowanie stanu otwarcia skrzynki przyłączeniowej, obudowy, napięcia akumulatora, układu rozgłaszania UA (telefonu sygnalizatora JANTAR) oraz jego zdalną identyfikację (odczyt numeru fabrycznego, wersji oprogramowania itp.),
- wyświetlanie aktualnego czasu, numeru abonenta dzwoniącego (funkcja CLIP), lub aktualnie wybieranego numeru na płycie czołowej UA,
- zdalne (z powierzchni) ustawienie wybranych parametrów UA (np. wzmocnienie wzmacniaczy, funkcji niektórych klawiszy) oraz wymianę jego oprogramowania z poziomu serwera alarmowego SA HETMAN,
- możliwość prowadzenia rozmów telefonicznych w trybie głośnomówiącym dwupięciowym.

Jeżeli w telefonie sygnalizatorze JANTAR mikrotelefon nie został prawidłowo połączony na zawieszce, to telefon nadal jest dostępny. Można spowodować (np. z awiza na powierzchni) tzw. zdalne "odłożenie" mikrotelefonu i wysyłać do aparatu wszystkie stosowane komunikaty, czy sygnały alarmowe. Jest to bardzo ważne dla prawidłowego funkcjonowania systemu łączności telefonicznej i alarmowej w kopalni w przypadku źle odłożonego mikrotelefonu. Funkcja ta w znacznym stopniu poprawia bezpieczeństwo załóg górniczych.

Należy zaznaczyć, że urządzenia TBI są uniwersalnymi układami teletransmisyjnymi. Można do nich przyłączać iskrobezpieczne telefony lub telefony sygnalizatory różnych producentów, co nie było dotychczas możliwe. Poprzez dodatkowe urządzenie abonenckie typu KORAL 2I możliwa jest współpraca systemu

alarmowania HETMAN z urządzeniami głośnomówiącymi stosowanymi w ścianach i na drogach odstawy w podziemnych zakładach górniczych.

LITERATURA

1. Miśkiewicz K., Wojaczek A.: *Telekomunikacja w górnictwie. Systemy łączności telefonicznej, alarmowej i głośnomówiącej*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2018.
2. Miśkiewicz K., Wojaczek A.: *Telekomunikacja w górnictwie. Wybrane zagadnienia teletransmisyjne*. Wydawnictwo Katedry Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej. Gliwice 2018.
3. Miśkiewicz K., Wojaczek A., Wojtas P.: *Systemy dyspozytorskie kopalń podziemnych i ich integracja. Wybrane problemy*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011.
4. Wojaczek A.: *Wpływ środowiska technicznego kopalń podziemnych na transmisję sygnałów w dołowych sieciach telekomunikacyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2014.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 02.2019

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2019

TELETRANSMISYJNA BARIERA ISKROBEZPIECZNA JAKO ELEMENT BEZPIECZEŃSTWA W PRZEWODOWYCH SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI

Streszczenie: W kopalniach metanowych dołowe systemy łączności i alarmowania muszą być iskrobezpieczne, przystosowane do pracy przy dowolnej koncentracji metanu. Iskrobezpieczeństwo telefonów i sygnalizatorów alarmowych zapewniają specjalne urządzenia teletransmisyjne włączane do każdej linii telekomunikacyjnej, zwane potocznie barierami iskrobezpiecznymi. Od kilkudziesięciu lat we wszystkich rozwiązaniach technicznych barier iskrobezpiecznych separację obwodu dołowego od powierzchniowego zapewnia transformator. W systemie łączności i alarmowania typu HETMAN stosowanym obecnie w kilku kopalniach po raz pierwszy wykorzystano kondensatory, jako elementy separacyjne w obwodzie liniowym teletransmisyjnej bariery iskrobezpiecznej. W artykule omówiono te dwa podstawowe rozwiązania techniczne teletransmisyjnej bariery iskrobezpiecznej stosowanej w ogólnozakładowej łączności telefonicznej i w systemie alarmowania załogi. Przedstawiono również podstawowe funkcje, jakie spełnia bariera iskrobezpieczna w systemie łączności fonicznej w podziemnych zakładach górniczych.

Słowa kluczowe: telekomunikacja w kopalniach, bariera iskrobezpieczna, bariera kondensatorowa

TELETRANSMISSION INTRINSICALLY SAFE BARRIERS AS AN ELEMENT OF SAFETY IN WIRED TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Abstract: In methane coal mines, communication and alarm systems must be intrinsically safe, adapted to work at any methane concentration. Intrinsic safety of telephones and alarm sirens is provided by special teletransmission devices connected to each telecommunication line, colloquially called intrinsically safe barriers. For several dozen years, in all technical solutions of intrinsically safe barriers, the separation of the underground circuits from the surface installations is provided by the transformer. In the HETMAN communication and alarm system, currently used in several mines, capacitors were used for the first time as the separation elements in the line circuit of the intrinsically safe teletransmission barrier. The article discusses these two basic technical solutions of the intrinsically safe teletransmission barriers used in telephone communication and in the alarm systems. The basic functions of an intrinsically safe barrier in the voice communication system in underground mines also have been presented.

Key words: telecommunication in mines, intrinsically safe barrier, capacitor barrier

dr hab. inż. Antoni WOJACZEK prof. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Elektrotechniki
i Automatyki Przemysłowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
tel. +4832 237 1537
e-mail: awojaczek@polsl.pl

dr inż. Sergiusz BORON
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Elektrotechniki
i Automatyki Przemysłowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
tel. +4832 237 1537
e-mail: Sergiusz.Boron@polsl.pl