

6

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW RFID W KOPALNIACH PODZIEMNYCH

6.1 WIADOMOŚCI WSTĘPNE

Współczesne systemy radiokomunikacyjne eksploatowane w kopalniach podziemnych stwarzają możliwość realizacji elektronicznych systemów lokalizacji i identyfikacji górników, maszyn i innych urządzeń stosowanych w tych wyrobiskach. Dla potrzeb lokalizacji można wykorzystać:

- systemy **RFID** (*ang. Radio Frequency Identification*), w których czytnik odczytuje unikalny kod identyfikatora, gdy znajduje się on w strefie działania czytnika. W przypadku zastosowania zestawu czytników o pokrywających się strefach odczytu można zrealizować lokalizację strefową, która daje informację o obecności identyfikatora w strefie, natomiast nie daje informacji o dokładnym położeniu identyfikatora w monitorowanym wyrobisku.
- systemy **RTLS** (*ang. Real Time Locating System*), czyli systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym, w których czytniki nie tylko odczytują unikalny kod identyfikatora lecz dokonują również pomiaru wybranych parametrów odebranego sygnału radiowego (np. poziom sygnału lub czas nadejścia sygnału z identyfikatora) co pozwala na określenie (z odpowiednią dokładnością) położenia identyfikatora w monitorowanym wyrobisku i w zdefiniowanych okresach czasu.

W przypadku lokalizacji strefowej systemy RFID identyfikują przejście górnika wyposażonego w identyfikator przez bramki, czyli zestaw czytników RFID o pokrywających się strefach odczytu, które są instalowane na drogach dojścia do monitorowanej strefy. Taki system pozwala na określenie liczby górników w każdej strefie oraz czasu wejścia górnika do strefy i czasu jego wyjścia ze strefy. Dyspozytor nie ma możliwości dokładnej lokalizacji górników w monitorowanych wyrobiskach. Systemy RFID wykorzystywane są przede wszystkim w systemach rejestracji czasu pracy RCP (monitorowaną strefą jest cały obszar kopalni) oraz rejestracji zjazdów górników (monitorowaną strefą jest część podziemna kopalni) [6].

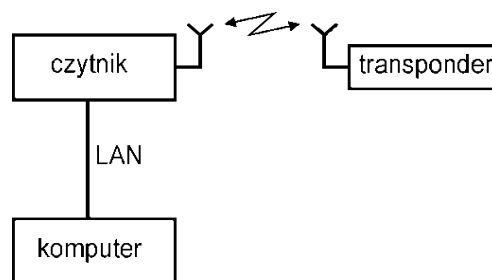
Systemy RFID wykorzystuje się także do identyfikacji elementów obudowy zmechanizowanej, czasami maszyn ręcznych, czy kontenerów. W tych przypadkach

konieczne jest jednak zbliżenie czytnika na niewielką odległość od identyfikatora, by umożliwić odczyt jego charakterystycznego kodu. [1]

Systemy RTLS nie są dotychczas stosowane w polskich kopalniach.

6.2 BUDOWA SYSTEMU RFID

W systemach RFID występują zawsze przynajmniej dwa urządzenia (rys. 6.1): identyfikator (transponder) zwany po angielsku tag oraz czytnik. Uzupełnieniem systemu jest komputer (serwer), do którego są przesyłane dane z czytników i który udostępnia je użytkownikom w kopalni.



Rys. 6.1 Główne elementy systemu RFID

Często identyfikator jest nazywany transponderem. W literaturze stosowane są oba określenia. Należy jednak zaznaczyć, że identyfikator jest bardziej ogólnym określeniem. Nie zawsze bowiem musi być on transponderem, czyli urządzeniem nadawczo-odbiorczym (transponder pochodzi z połączenia słów: transmitter i responder) [4, 8]. Identyfikator może np. tylko nadawać (w pewnych interwałach czasowych), bez możliwości odbioru, co często jest stosowane w wielu systemach identyfikacji RFID w kopalniach.

Z punktu widzenia kierunku transmisji sygnałów użytecznych można wyróżnić identyfikatory jednokierunkowe oraz dwukierunkowe, w których czytnik oprócz odbioru charakterystycznego kodu identyfikatora, może przysyłać do niego energię potrzebną np. do zasilania elementów elektronicznych oraz inne sygnały użyteczne (np. alarmowe, informacyjne, przywoławcze) wygenerowane w systemie.

Jeżeli w pobliżu czytnika znajdzie się identyfikator, to czytnik korzystając z łącza radiowego czytnik-identyfikator i posługując się zdefiniowanym wcześniej protokołem „odczytuje” dane zapisane w pamięci identyfikatora. Mogą to być np. dane zapisane w pamięci identyfikatora przez producenta lub użytkownika systemu RFID w kopalni. Cechą charakterystyczną tych systemów jest bezprzewodowa transmisja danych pomiędzy czytnikiem i identyfikatorem. Odległość w zależności od przyjętych rozwiązań układowych i zastosowanej elektroniki może być od kilku milimetrów do setek metrów.

Istnieje wiele sposobów klasyfikacji obecnie stosowanych systemów RFID. Podziału tych systemów można np. dokonać ze względu na: sposób zasilania identyfikatora, sposób przesyłania informacji między czytnikiem i identyfikatorem, częstotliwości

wykorzystanych w kanale radiowym, funkcjonalności identyfikatora oraz jego możliwe zastosowanie a także rozmiar pamięci wewnętrznej.

6.3 RODZAJE SYSTEMÓW RFID

Ze względu na sposób komunikacji pomiędzy identyfikatorem i czytnikiem można wyróżnić trzy podstawowe systemy RFID [2, 4, 8]:

- **Pasywne** w których identyfikator nie posiada własnego źródła zasilania. Czytnik (rys. 6.2) w odpowiednich odstępach czasowych emituje sygnał radiowy. Identyfikator, gdy znajdzie się w pobliżu odbiera ten sygnał, tworzy napięcie zasilania dla swojej elektroniki, a następnie wysyła swój numer identyfikacyjny oddziaływując na sygnał z czytnika (np. poprzez modulacje amplitudy). Czytnik odbiera zmodyfikowany sygnał odczytując numer identyfikacyjny identyfikatora.



Rys. 6.2 Schemat blokowy systemu RFID z identyfikatorem (ID) pasywnym

Źródło: [8]

- **Semi pasywne**, w których identyfikator posiada źródło zasilania dla własnej elektroniki a komunikacja pomiędzy czytnikiem i identyfikatorem jest podobna jak w systemach pasywnych.
- **Aktywne** w których identyfikator posiada własne źródło zasilania i własny nadajnik sygnału radiowego, który ciągle, w pseudolosowo określonych odstępach czasu (bardzo krótkich, rzędu milisekund) wysyła swój numer identyfikacyjny. Czytnik znajdujący się w pobliżu takiego identyfikatora może go odczytać.

Przez strefę działania (odczytu) czytnika należy rozumieć obszar wokół czytnika, w którym umieszczony identyfikator zostanie poprawnie odczytany. Rozmiar i kształt strefy działania zależy od wielu czynników w tym między innymi od usytuowania ruchomych maszyn i innych urządzeń. Rozmiar strefy działania transponderów pasywnych i semi pasywnych jest nieduży, od kilku cm (np. dla systemów RCP) do kilkudziesięciu cm (np. dla identyfikatorów 1-bitowych EAS¹).

¹ EAS – ang. Electronic article surveillance

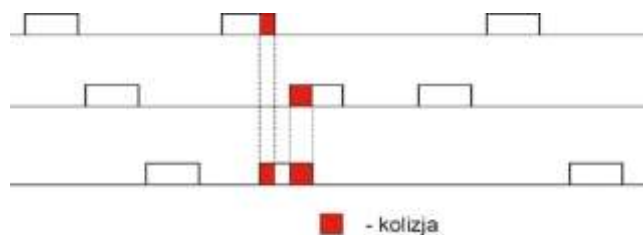
6.4 DOSTĘP DO ŁĄCZA RADIOWEGO W SYSTEMACH RFID

W przypadku systemów pasywnych lub semi pasywnych sprzężenie pomiędzy czytnikiem i identyfikatorem może być indukcyjne, pojemnościowe lub z rozproszaniem wstecznym (electromagnetic backscattering coupling) [4, 5]. Wymianę danych pomiędzy identyfikatorem i czytnikiem można zrealizować stosując transmisję:

- duplexową - FDX (*ang. Full duplex*), kiedy czytnik nadaje sygnał przez cały czas, a transmisja danych (czytnik-identyfikator oraz identyfikator-czytnik) może odbywać się jednocześnie,
- półduplexową - HDX (*ang. Half duplex*); kiedy czytnik nadaje sygnał przez cały czas trwania transmisji, a transmisja danych z odbywa się naprzemiennie,
- sekwencyjną - SEQ, kiedy czytnik nadaje sygnał tylko w fazie ładowania kondensatora zasilającego w identyfikatorze i transmisji danych z czytnika do identyfikatora.

Jeżeli czytnik nadaje, to wszystkie identyfikatory znajdujące się w jego strefie działania odbierają ten sygnał i przesyłają informację zwrotną. W przypadku jednoczesnej transmisji z wielu identyfikatorów do czytnika mamy do czynienia z problemem wielodostępu do łącza radiowego, ponieważ więcej identyfikatorów w strefie czytnika przesyła jednocześnie do niego swój numer identyfikacyjny. W radiokomunikacji istnieje kilka możliwości uzyskania wielodostępu do łącza radiowego np: z podziałem przestrzennym, z podziałem częstotliwości, z podziałem czasu, lub z podziałem kodowym [4].

Najczęściej stosowane są metody z podziałem czasu. Prostą w realizacji metodą wielodostępu w systemach z aktywnymi identyfikatorami jest zastosowanie protokołu ALOHA [2]. Polega on na emitowaniu w losowych odstępach czasu ramek ze swoim numerem identyfikacyjnym niezależnie od zajętości kanału radiowego czytnik-identyfikator (rys. 6.3). Niekiedy wystąpi kolizja tzn. ramki, lub ich fragmenty, będą nadawane równocześnie przez kilka identyfikatorów, co uniemożliwia ich poprawny odbiór przez czytnik i odczyt numeru identyfikacyjnego. Wtedy stosując odpowiednio długi czas odczytu identyfikatorów przez dany czytnik, a także ograniczoną ich liczbę, można uzyskać prawdopodobieństwo odczytu wszystkich identyfikatorów bliskie jedności.

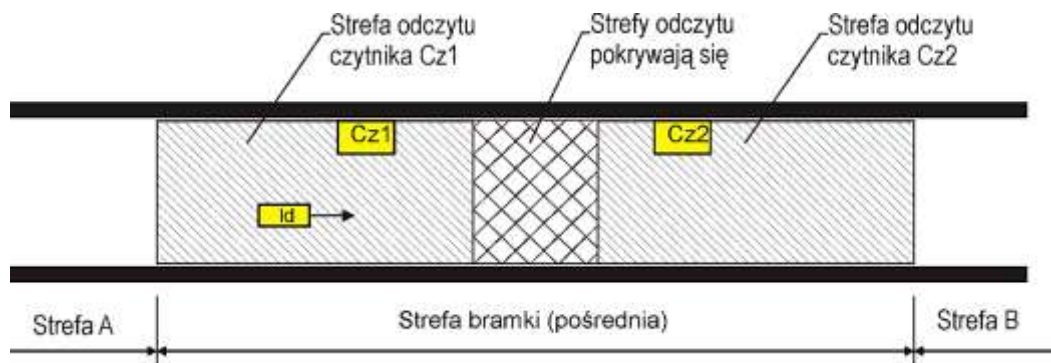


Rys. 6.3 Ilustracja powstania kolizji w przypadku trzech identyfikatorów znajdujących się w strefie odczytu jednego czytnika

6.5 SYSTEMY LOKALIZACJI STREFOWEJ W KOPALNIACH PODZIEMNYCH

6.5.1 Budowa systemu

W wyrobiskach podziemnych wyposażając pracowników w identyfikatory aktywne można zrealizować lokalizację strefową. Obecność identyfikatora (Id) w wyznaczonej strefie można kontrolować instalując czytniki (Cz1, Cz2) o częściowo pokrywających się strefach odczytu (rys. 6.4). Taki układ czytników w wyrobisku nazywany jest bramką. W każdej bramce na podstawie sekwencji odczytów identyfikatorów przez poszczególne czytniki można określić kierunek ruchu identyfikatora (czy porusza się do strefy, czy wychodzi ze strefy).

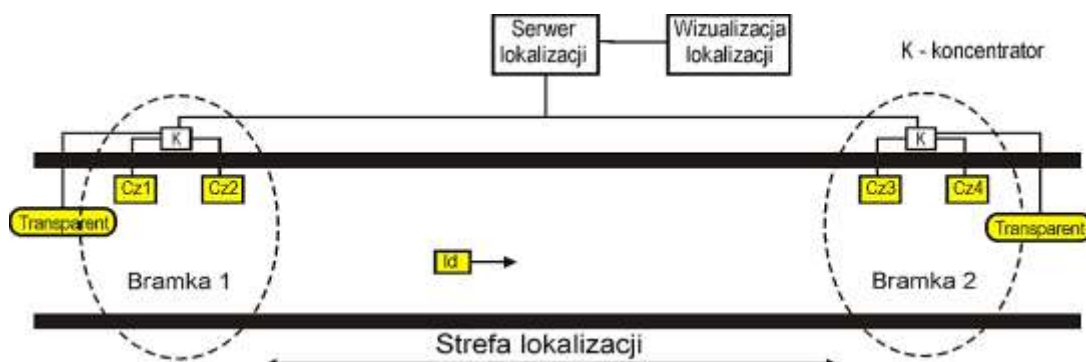


Rys. 6.4 Ilustracja działania bramki RFID w wyrobisku podziemnym

Źródło: [4]

Bramka, której ideę funkcjonowania przedstawia rys. 6.4, została zainstalowana na granicy pomiędzy strefą A i strefą B. Identyfikator Id poruszając się w wyrobisku może znajdować się w różnych strefach działania czytników. Pozwala to nie tylko na jego identyfikację, lecz także wykrycie kierunku ruchu Id i rozróżnienie dwóch podstawowych zdarzeń, czyli przemieszczenie się górnika ze strefy A do strefy B, lub na odwrót, ze strefy B do strefy A.

Instalując dwie bramki RFID w wyrobisku można zrealizować lokalizację strefową, co pokazano na rys. 6.5.



Rys. 6.5 Przykład realizacji lokalizacji strefowej w wyrobisku korytarzowym

Źródło: [4]

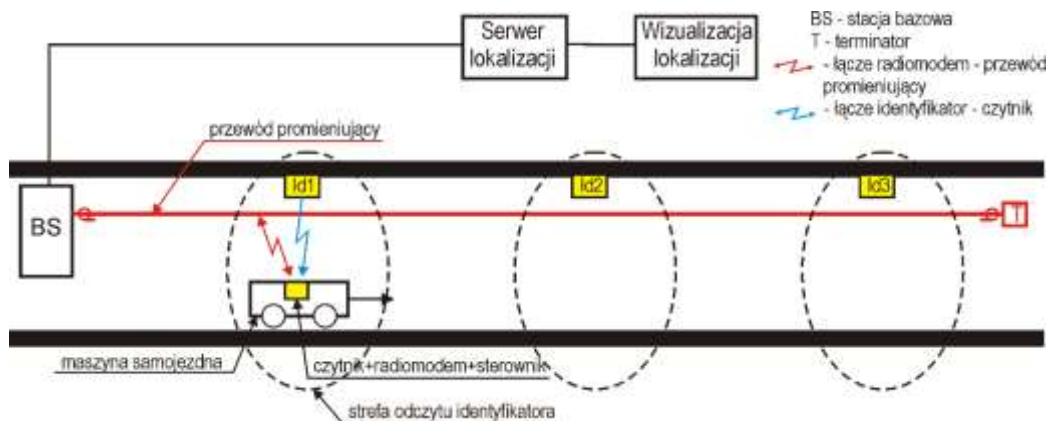
Jeżeli w strefie obowiązuje ograniczenie liczby przebywających tam osób ponieważ jest to strefa szczególnego zagrożenia tąpnięciami [6] to na granicy strefy umieszcza

się transparenty, które w przypadku gdy strefie znajduje się maksymalna dopuszczalna liczba osób wyświetlają napis „ZAKAZ WEJŚCIA”. System lokalizacji na podstawie liczby zarejestrowanych osób w strefie wyświetla odpowiednie napisy na transparentach.

6.5.2 Odwrotny system RFID

W systemach RFID czytnik najczęściej jest elementem nieruchomym, a identyfikator jest sprzężony z człowiekiem lub ruchomą maszyną. W odwrotnym systemie RFID² nieruchome są identyfikatory natomiast czytniki są zainstalowane w maszynach samojezdnych (rys. 6.6).

Kody odczytane z identyfikatorów są przesyłane dowolnym systemem radiokomunikacji funkcjonującym w tych wyrobiskach do serwera lokalizacji. Najczęściej wykorzystuje się system radiokomunikacji z przewodem promieniującym. Odwrotną identyfikację RFID wykorzystano w systemie lokalizacji maszyn górniczych o firmowej nazwie SzLeM, którego próby ruchowe kilka lat temu były prowadzone w dwóch kopalniach KGHM [7].



Rys. 6.6 Schemat systemu lokalizacji pojazdów odwrotnego systemu RFID

Źródło: [4]

Do stropu (najczęściej na skrzyżowaniach) były mocowane identyfikatory aktywne (Id1, Id2.) pracujące w pasmie 868 MHz (rys. 6.6 oraz 6.7) [3]. Każda maszyna została wyposażona w zestaw zawierający radiomodem współpracujący z systemem radiokomunikacji z przewodem promieniującym DOTRA (na częstotliwościach 415-425 MHz) oraz czytnik identyfikatorów. Kod odczytany z identyfikatora był przesyłany przewodem promieniującym do stacji bazowej BS i dalej do serwera lokalizacji maszyn. Tego rodzaju system pozwalał na podanie pozycji maszyny jako pozycji ostatnio odczytanego identyfikatora. Wewnętrzna bateria umożliwiała

² ang. Reverse RFID

działanie identyfikatora przez kilka lat. Odczyt informacji z identyfikatora zainstalowanego pod stropem był możliwy nawet z odległości 100 m.



Rys. 6.7 Identyfikator aktywny typu i-B2 firmy Identec

Źródło: [3]

6.5.3 Typowe miejsca instalacji bramek w wyrobiskach

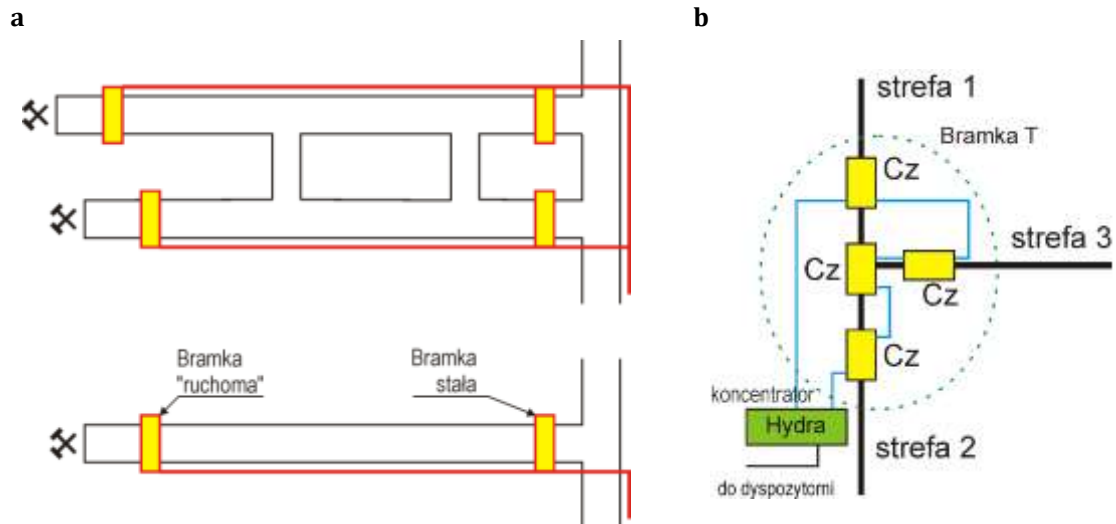
Uruchomione dotychczas w kopalniach instalacje systemów lokalizacji strefowej obejmują kontrolą tylko wybrane miejsca, czy wyrobiska oraz górników tam pracujących. Są to najczęściej rejony w których występują zintegrowane zagrożenia środowiskowe i rejony silnie tąpące. Wyjątkiem jest kopalnia Pniówek, w której stosowany jest system lokalizacji ARGUS firmy Tranz-Tel [7] wszyscy górnicy zostali wyposażeni w identyfikatory aktywne montowane w lampach górniczych (ponad 6000 sztuk), a w kopalni zainstalowano ponad 100 bramek. Zabudowa systemu lokalizacji w dowolnej kopalni musi zawsze uwzględnić kilka zasadniczych rejonów zakładu górniczego jakimi są przede wszystkim: lampownie, nadszybia, podszybia oraz podstawowe wyrobiska eksploatacyjne.

W lampowni po pobraniu lampy osobistej górnik powinien sprawdzić prawidłowe działania identyfikatora i nadajnika lokacyjnego (GLON/LOK). Sprawdzenie polega na odebraniu informacji z systemu identyfikacji i lokalizacji stosowanego w kopalni (np. optycznie), że górnik posiada właściwy nadajnik, a GLON generuje odpowiedni sygnał LF. Niezbędna jest także instalacja bramki na nadszybiu, celem rejestracji zjazdu na dół.

Bramki instalowane na podszybiach informują dyspozytora o liczbie górników pracujących na danym poziomie eksploatacyjnym.

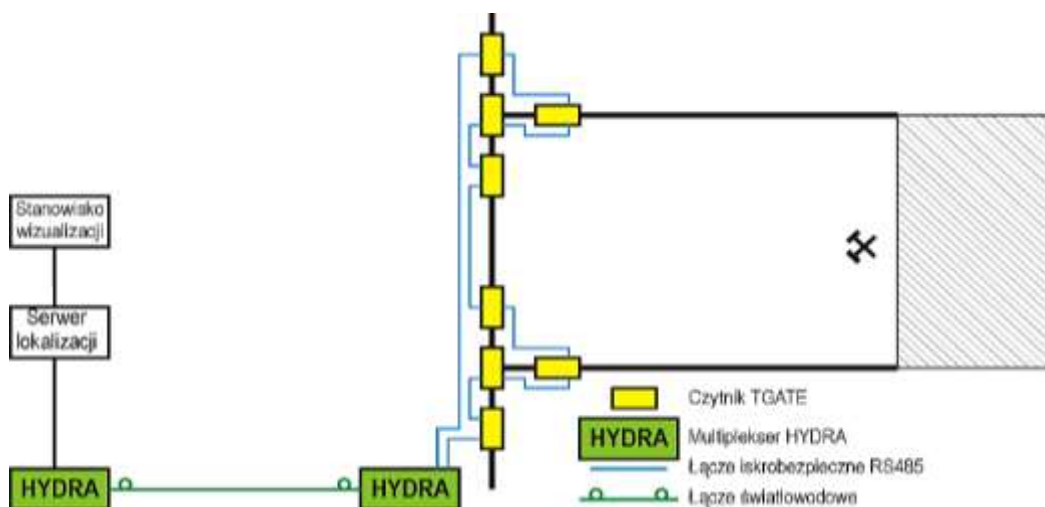
W kopalniach węglowych identyfikacja strefowa obejmuje przede wszystkim górników pracujących w wyrobiskach przygotowawczych, wentylowanych lutnociągami oraz ścianach eksploatacyjnych. W tego typu wyrobiskach zazwyczaj nie przebywa więcej niż 25 osób, a maksymalne ich długości nie przekraczają kilku km. Dla zwiększenia dokładności identyfikacji, przy długich wybiegach tych wyrobisk może okazać się konieczne zainstalowanie (oprócz bramki stałej), także drugiej tzw. „bramki ruchomej”, która będzie przebudowywana w miarę postępu czoła przodka (rys.8a). Bramki stałe instalowane na skrzyżowaniach wyrobisk, (nazwane w systemie ARGUS typu T) dla zwiększenia niezawodności ich funkcjonowania stosuje się jeden czytnik nadmiarowy (rys. 6.8b). W przypadku

drażenia wyrobisk podwójnych z uwagi na możliwość przemieszczania się załogi pomiędzy chodnikami zachodzi potrzeba instalacji bramek w obydwu drażonych wyrobiskach, co przedstawiono na rys. 6.8a.



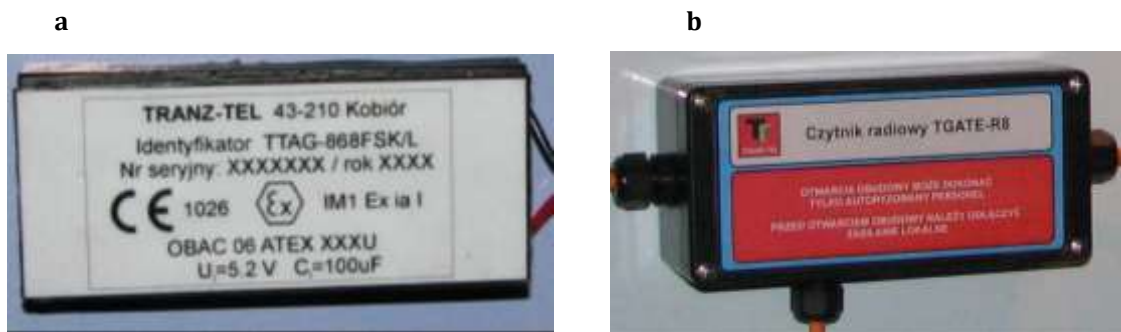
Rys. 6.8 Przykładowe rozmieszczenie bramek w wyrobiskach przygotowawczych (a) oraz struktura bramki typu T w systemie ARGUS (b)

Na rys. 6.9 pokazano przykład realizacji lokalizacji strefowej z KWK Pniówek dla ściany przewietrzanej systemem U [7]. Informacje z identyfikatorów typu TTAG (rys. 6.10a) zainstalowanych w lampach górniczych odczytane przez czytniki typu TGATE (rys.10b) systemu ARGUS pozwalają na określenie kierunku poruszania się identyfikatorów w obrębie każdej bramki. Są one przesyłane do koncentratorów typu HYDRA i dalej do serwera lokalizacji i stanowisk wizualizacji na powierzchni w dyspozytorni zakładowej.



Rys. 6.9 Przykład wykorzystania systemu ARGUS do realizacji lokalizacji strefowej dla ściany z przewietrzaniem systemem U, z zastosowaniem dwóch bramek o strukturze T

Dla zwiększenia niezawodności systemu lokalizacji wszystkie połączenia czytników TGATE z koncentratorem HYDRA tworzą pętlę. Połączone są iskrobezpieczną magistralą RS485 w telekomunikacyjnym kablu górniczym miedzianym. Sygnał od koncentratora HYDRA do dyspozytorni przesyłany jest łączem światłowodowym. W systemie lokalizacji strefowej ARGUS identyfikatory TTAG instalowane w pokrywie akumulatora lampy osobistej (rys. 6.10a) pracują w pasmie 868 MHz [7].



Rys. 6.10 Elementy systemu lokalizacji ARGUS: identyfikator TTAG (a), czytnik TGATE (b)
Źródło: [7]

6.5.4 Inne wybrane urządzenia dołowe systemów RFID

System lokalizacji strefowej typu PORTAS firmy SEVITEL posiada bardzo podobną budowę jak system ARGUS. W systemie tym wykorzystuje się przewodowe czytniki RFnode (rys. 6.11) pracujące w zakresie pasm ISM 868 MHz, które przyłączane są do koncentratorów typu PORTAL. Czytniki RFnode są łączone z koncentratorem PORTAL dedykowanym kablem zawierającym 2 żyły 2,5 mm² do zasilania i 2x0,8 mm do transmisji danych [4].



Rys. 6.11 Czytnik RFnode systemu lokalizacji strefowej PORTAS

Źródło: [4]

Najprostszym i powszechnie stosowanym sposobem wykorzystania systemów RFID w kopalniach jest możliwość odczytywania unikalnego kodu identyfikatora pasywnego montowanego w wybranych elementach sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej. W wybranych elementach tej obudowy umieszcza się identyfikatory pasywne typu TRID firmy ELSTA (rys. 6.12a). Do odczytu identyfikatorów TRID stosuje się czytnik umieszczony na końcu lancy typu TRH (rys. 6.12b), która jest przyłączona do iskrobezpiecznego mikrokomputer przemysłowego typu TRMC. Transponder pracuje w zakresie częstotliwości 125 kHz. Odczyty pamiętane w pamięci mikrokomputera można przekopiować

na powierzchni do bazy danych ewidencji elementów obudowy zmechanizowanej [1].



Rys. 6.12 Części składowe systemu identyfikacji elementów obudowy zmechanizowanej: identyfikator TRID (a), lanca TRH (b)

Źródło: [1]

6.6 WNIOSKI

Systemy lokalizacji strefowej wykorzystujące techniki RFID można z powodzeniem stosować w kopalniach podziemnych do rejestracji czasu pracy i zjazdów na dół, monitorowania ogólnej liczby górników przebywających na poszczególnych poziomach w wybranych rejonach, a także do lokalizacji maszyn, czy ewidencji urządzeń eksploatowanych w zakładzie górniczym.

W wyrobiskach gdzie występują zagrożenia skojarzone należy jednak stosować systemy RTLS, ponieważ systemy RFID nie umożliwiają dokładnego określenia miejsca położenia górnika w wyrobisku, co znacznie może utrudniać akcje ratunkowe w przypadku wystąpienia zagrożenia w kopalni.

Artykuł jest wynikiem realizacji projektu badawczego pt.: „Innowacyjny system łączności bezprzewodowej w wyrobiskach filarowo-komorowych w podziemnych zakładach górniczych” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz KGHM Polska Miedź S.A. w ramach przedsięwzięcia „CuBR III”.

LITERATURA

- [1] ELSTA. Karty informacyjne produktów: Systemy RFID. Wieliczka 2019.
- [2] Finkenzeller K.: *RFID Handbook. Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. Copyright 2003, John Wiley & Sons Ltd,
- [3] i-PORT MB Manual Version 1.4. Device Description. Identec Solutions AG Lustenau, Austria 2009.
- [4] Miśkiewicz K., Wojacek A.: *Radiokomunikacja w kopalniach podziemnych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2020.
- [5] Orłowski A., Kaczan A., Tomaszuk E.: *Analiza tendencji rozwoju technik RFID oraz laboratorium badawcze technik RFID*. Praca statutowa Instytutu Łączności, Warszawa 2008.
- [6] RME. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. Dz. U z 2017 r poz 1118.
- [7] Tranz-Tel. ARGUS - identyfikacja personelu i urządzeń. DTR, instrukcja obsługi. Kobiór, 2015.
- [8] Wojacek A.: Wykorzystanie przewodu promieniującego w systemie lokalizacji pojazdów w kopalniach. *Przegląd Górniczy* 2014, nr 1.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2020

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2020

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW RFID W KOPALNIACH PODZIEMNYCH

Streszczenie: Trudne warunki środowiskowe kopalń podziemnych wymagają stosowania systemów identyfikacji osób i lokalizacji wybranych maszyn znajdujących się w rozległych wyrobiskach podziemnych. Do tego celu w niektórych kopalniach, w ograniczonym zakresie, stosuje się lokalizację strefową RFID. Lokalizacja w czasie rzeczywistym RTLS jak na razie nie jest stosowana. Artykuł omawia wybrane problemy związane z zastosowaniem systemów RFID w kopalniach podziemnych.

Słowa kluczowe: systemy RFID, systemy lokalizacji osób, lokalizacja strefowa, radiokomunikacja w górnictwie

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF RFID SYSTEMS IN UNDERGROUND MINES

Abstract: Difficult, environmental conditions of underground mines require the used identification systems and the location of selected machines, which are in extensive underground excavations. In this purpose, zone location with RFID technology is used in some mines, but this used is limited. RTLS real-time localization has not applied yet. The article discusses selected problems related to the used of RFID systems in underground mines.

Key words: RFID systems, zone location systems, radiocommunication in mining

Antoni Wojaczek

Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej,
Katedra Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
tel. +48 32 237 1537, e-mail: awojaczek@polsl.pl

Kazimierz Miśkiewicz

Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej,
Katedra Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
tel. +48 32 237 1537, e-mail: Kazimierz.Miskiewicz@polsl.pl

Anna Manowska

Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej,
Katedra Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
tel. +48 32 237 1537, e-mail: Anna.Manowska@polsl.pl

Andrzej Nowrot

Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej,
Katedra Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
tel. +48 32 237 1537, e-mail: Andrzej.Nowrot@polsl.pl