

Problemy transmisji w kopalnianych systemach telekomunikacyjnych

Systemy telekomunikacyjne wykorzystywane w kopalniach podziemnych wymagają użycia odpowiednich mediów transmisyjnych. Do najczęściej stosowanych mediów należą: kable miedziane symetryczne, kable miedziane promieniujące, kable światłowodowe, fale elektromagnetyczne tworzące łącza radiowe. W artykule omówiono właściwości poszczególnych rodzajów mediów, zwracając uwagę na wykorzystywane topologie oraz ograniczenia zasięgu transmisji. W przypadku kabli miedzianych ograniczenie wynika z tłumienia sygnału, które rośnie wraz z częstotliwością. Dla kabli światłowodowych jednomodowych przy istniejących rozmiarach kopalń brak obecnie ograniczeń zasięgu, a ograniczenie przepływności wynika z parametrów urządzeń teletransmisyjnych. W przypadku systemów radiowych ograniczenie zasięgu wynika z warunków propagacji fal elektromagnetycznych w wyrobisku, geometrii wyrobiska i zastosowanego pasma częstotliwości.

1. WSTĘP

We współczesnych kopalniach podziemnych pracuje wiele systemów telekomunikacyjnych pełniących szereg funkcji związanych z porozumiewaniem się załogi, monitorowaniem procesów technologicznych, monitorowaniem stanu bezpieczeństwa oraz pracą systemów alarmowania. Zestawienie stosowanych w podziemnych zakładach górniczych systemów telekomunikacyjnych przedstawiono w literaturze [1, 3, 8, 9, 10]. Każdy z wymienionych systemów wymaga do swej pracy stosownego systemu transmisyjnego. System transmisyjny może być scharakteryzowany:

- rodzajem medium transmisyjnego,
- topologią,
- zastosowanymi urządzeniami teletransmisyjnymi,
- zastosowanymi protokołami transmisyjnymi.

Transmisja może być zrealizowana przez zastosowanie:

- telekomunikacyjnych kabli miedzianych:
 - symetrycznych,
 - koncentrycznych (również promieniujących),

- przewodów i kabli elektroenergetycznych,
- kabli światłowodowych,
- łączy bezprzewodowych (radiowych).

Systemy transmisyjne stosowane w kopalniach podziemnych powinny uwzględniać:

- rozległość istniejących kopalń (niezbędny zasięg transmisji do nawet kilkunastu km),
- możliwości zdalnego zasilania urządzeń, poprzez lokalną pętlę abonencką¹ w kopalnianej sieci telekomunikacyjnej,
- możliwość (konieczność) zastosowania w kopalniach urządzeń i systemów budowy przeciwwybuchowej (urządzenia i systemy iskrobezpieczne, a w przypadku techniki światłowodowej urządzenia bezpieczne przeciwwybuchowo, np. z oznakowaniem *op is*²),
- uzasadnione potrzeby dotyczące szybkości transmisji.

¹ Lokalna pętla abonencka – według [15] jest to obwód łączący zakończenie sieci (np. urządzenie abonenckie, metanomierz, telefon, sygnalizator) bezpośrednio z punktem dostępu do serwera telekomunikacyjnego (urządzenia sieci stacjonarnej), w szczególności z przełącznicą główną lub równoważnym urządzeniem.

² Symbol ten nie oznacza iskrobezpieczeństwa, lecz bezpieczeństwo przeciwwybuchowe.

Charakterystykę niektórych właściwości omawianych mediów transmisyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

Porównanie właściwości mediów transmisyjnych dla kopalń podziemnych

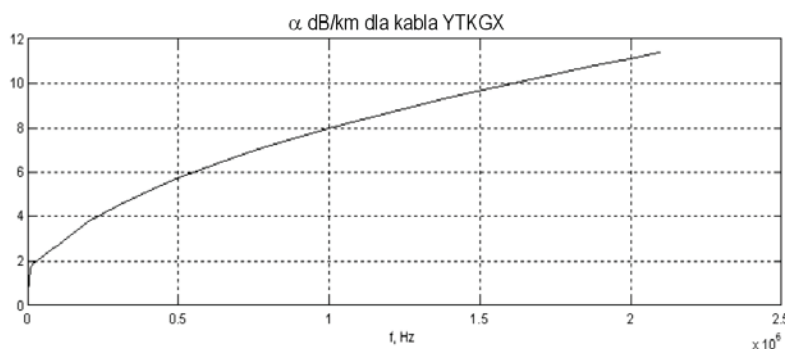
	Kable miedziane symetryczne	Kable miedziane promieniujące	Kable światłowodowe	Łącza radiowe
Zasięg	od 100 m dla 1 GB/s do ponad 10 km dla pasma telefonicznego	do 500 m, konieczność budowy infrastruktury ze wzmacniakami	do kilkudziesięciu km < 1 Gb/s	kilkaset m, niezbędna infrastruktura dostępowa
Zdalne zasilanie	tak	tak	nie; tak (kable hybrydowe)	nie
Wpływ złącz	pomijalny	niewielki	istotny	nie dotyczy
Częstotliwość (przepływność)	do 1 Gb/s, im wyższa częstotliwość, tym mniejszy zasięg	do kilkuset MHz (modemy szerokopasmowe)	do 1 Gb/s	do kilkudziesięciu Mb/s
Technologia łączenia	łatwa	łatwa – wymaga złącz	trudna – wymaga zaawansowanych narzędzi (spajanie włókien)	nie dotyczy

2. TRANSMISJA W TELEKOMUNIKACYJNYCH KABLACH MIEDZIANYCH SYMETRYCZNYCH

Obecnie podstawowym medium transmisyjnym w kopalniach podziemnych są symetryczne kable telekomunikacyjne miedziane. W typowej kopalni średnio w szybach eksploatuje się około 20 kabli 56 parowych, co daje sumaryczną pojemność magistralnej sieci telekomunikacyjnej (mierzonej na zrębnie szybów) do ponad 1000 par (torów kablowych abonentkich)³ [8, 14]. Podstawowymi zjawiskami fizycznymi mającymi wpływ na możliwości realizacji transmisji w kablach symetrycznych są:

- tłumienie sygnału przy transmisji w linii telekomunikacyjnej,
- przenik sygnału z par sąsiednich w telekomunikacyjnych kablach górniczych,
- spadek napięcia na rezystancji żył w torze kablowym abonentkim w przypadku zdalnego zasilania urządzeń końcowych.

Podstawowym parametrem opisującym zjawisko tłumienia sygnału jest tłumienność falowa jednostkowa α , wyrażana dla kabli symetrycznych w dB/km. Tłumienność falowa jednostkowa jest funkcją parametrów jednostkowych kabla i rośnie w funkcji częstotliwości, co pokazano na rys. 1. dla telekomunikacyjnych kabli górniczych typu YTKGX o średnicy żył 0,8 mm.



Rys. 1. Zależność jednostkowej tłumienności falowej telekomunikacyjnego kabla górniczego symetrycznego typu YTKGX (o średnicy żył 0,8 mm) od częstotliwości [14]

Jeżeli urządzenie końcowe jest zdalnie zasilane parą symetryczną, niezbędne jest sprawdzenie poprawnych warunków zasilania przy uwzględnieniu rezystancji jednostkowej toru kablowego abonentkiego (dla TKG o średnicy żył 0,8 mm rezystancja ta nie może przekroczyć 75 Ω /km), charakterystyki napięciowo-prądowej nadajnika (źródła zasilania) i odbiornika oraz wymogów iskrobezpieczeństwa. Maksymalna moc, jaką można doprowadzić parą

symetryczną do urządzenia końcowego (w stanie dopasowania energetycznego), jest zależna od napięcia źródła zasilania w stanie nieobciążonym oraz rezystancji (długości) toru kablowego abonentkiego.

³ Tor kablowy (abonentki) – według [16] jest to para żył miedzianych w kablach połączonych wzdłużnie, zawarta pomiędzy łączówką przełącznicy głównej (na powierzchni) a zaciskiem w urządzeniu abonentkim (gniazdkiem abonentkim).

W kablu długości 10 km i napięciu zasilania 60 V można do odbiornika dostarczyć maksymalną moc 1,2 W. Maksymalna wartość napięcia zasilania jest ograniczona wartością granicznego dopuszczalnego długotrwale napięcia dotykowego dla prądu stałego w warunkach zwiększonego zagrożenia (60 V). W przypadku systemów iskrobezpiecznych uwzględnia się dodatkowe ograniczenia wynikające między innymi z minimalnych odstępów izolacyjnych stosowanych w istniejącym osprzęcie telekomunikacyjnych linii kablowych.

Zjawiska przeników sygnału między parami wynikają z niedoskonałości konstrukcji kabla (asymetrie pojemności, indukcyjności, rezystancji i upływności). Dla oceny przeników w kablach wieloparowych używa się następujących parametrów:⁴

- skumulowana tłumienność zbliżoprzenikowa **PSNEXT**,
- skumulowana tłumienność zdaloprzenikowa **PSFEXT**,
- skumulowany odstęp zbliżoprzenikowy **PSACR**,
- skumulowany odstęp zdaloprzenikowy **PSELFEXT**.

W definicjach wymienionych parametrów wykorzystuje się sumę mocy poszczególnych napięć przeników pochodzących od wielu różnych par. W tabeli 2. pokazano definicje wymienionych wielkości wraz z odpowiednimi schematami blokowymi dla kabli z trzema parami. Przedstawione definicje można uogólnić na kable z większą ilością par.

Tabela 2.

Ilustracja definicji parametrów przenikowych dla kabli z trzema parami

<p>Tłumienności zdaloprzenikowe (FEXT)</p> $A_{zdp1/2} = FEXT_{1/2} = P_{Un} - P_{Uo1/2}$ $A_{zdp1/3} = FEXT_{1/3} = P_{Un} - P_{Uo1/3}$ <p>Skumulowana tłumienność zdaloprzenikowa (PSFEXT⁵)</p> $PSFEXT_1 = -10 \lg \left(10^{\frac{A_{zdp1/2}}{10}} + 10^{\frac{A_{zdp1/3}}{10}} \right)$ <p>Skumulowany odstęp zdaloprzenikowy (PSELFEXT⁶)</p> $PSELFEXT_1 = SNR = PSFEXT_1 - A$	
<p>Tłumienności zbliżoprzenikowe (NEXT)</p> $A_{zbp1/2} = NEXT_{1/2} = P_{Un} - P_{Uo1/2}$ $A_{zbp1/3} = NEXT_{1/3} = P_{Un} - P_{Uo1/3}$ <p>Skumulowana tłumienność zbliżoprzenikowa (PSNEXT⁷)</p> $PSNEXT_1 = -10 \lg \left(10^{\frac{A_{zbp1/2}}{10}} + 10^{\frac{A_{zbp1/3}}{10}} \right)$ <p>Skumulowany odstęp od przeniku zbliżnego (PSACR⁸)</p> $PSACR_1 = SNR = PSNEXT_1 - A$	

⁴ Niektóre nazwy są autorskimi propozycjami tłumaczenia angielskich terminów.

⁵ PSFEXT – ang. *Power Sum Far End Crosstalk*.

⁶ PSELFEXT – ang. *Power Sum Equal Level Far End Crosstalk*.

⁷ PSNEXT – ang. *Power Sum Near End Crosstalk*.

⁸ PSACR – ang. *Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio*.

W literaturze istnieje szereg opisów zależności o charakterze empirycznym, pozwalających obliczyć minimalną wartość poszczególnych parametrów przenikowych. Przykładem tego typu zależności jest wzór [7]:

$$PSFEXT = 51 - 20\lg(f) - 10\lg(l) - 6\lg(K) \quad (1)$$

gdzie:

K – liczba par zakłócających,

f – częstotliwość w MHz,

l – długość linii kablowej w km.

Można umownie wyróżnić następujące pasma częstotliwości wykorzystywane w kablach telekomunikacyjnych symetrycznych kopalń podziemnych:

- pasmo częstotliwości niskich (geofizyka, łączność foniczna) z ewentualnym włączeniem pasma (6-12 kHz) wykorzystywanego w niektórych systemach gazometrycznych [3],
- pasmo częstotliwości pośrednich (częstotliwości kilkadziesiąt kHz),
- pasmo częstotliwości wysokich (pasmo kilkuset kHz).

Pasmo częstotliwości telefonicznych jest wykorzystywane w systemach:

- łączności telefonicznej i alarmowej, w których wykorzystuje się transmisję naturalną,
- transmisji sygnałów (dwustanowych CTT-32, FOD-900 czy UTS) z dostępem po drodze,
- gazometrii, gdzie wykorzystuje się głównie modemy telefoniczne dla linii dzierżawionych, a w niektórych systemach transmisję częstotliwościową (w paśmie do 12 kHz),
- sejsmometrii i sejsmoakustyki,
- monitorowania maszyn i urządzeń górniczych z wykorzystaniem wąskopasmowych modemów telefonicznych dla linii dzierżawionych. Modemy telefoniczne przy zasięgu ponad 10 km potrafią pracować z przepływnością 33600 kb/s na kablu o średnicy żył 0,8 mm.

Systemy wykorzystujące pasmo telefoniczne mogą zapewnić zasięg transmisji na co najmniej 10 km.

Pasmo częstotliwości pośrednich jest wykorzystywane w kopalniach podziemnych w systemach transmisji danych. Jako przykłady można podać:

- łącza RS485 wykorzystywane na stosunkowo krótkie odległości w lokalnych systemach łączności głośnomówiącej i automatyki (np. system UGS-10 firmy ELEKTROMETAL SA). Są również dostępne systemy transmisyjne ogólnego przeznaczenia wykorzystujące protokół RS485 (np. multipleksery HYDRA [12]), które mogą być wyposażone w por-

ty RS485 pracujące z przepływnością 19200 kb/s przy zasięgu transmisji do 2 km).

- łącza wykorzystujące protokół LonWorks [4] pracujące z przepływnością 78 kb/s przy zasięgu do 2 km.

Pasmo częstotliwości wysokich jest wykorzystywane w modemach szerokopasmowych oznaczanych skrótami HDSL, SHDSL⁹, ADSL, VDSL w różnych odmianach. W kopalniach podziemnych stosowane są m. in. modemy SHDSL firmy WESTERMO:

- typu DDW-120,
- typu DDW-225,

pozwalające na tworzenie układów pętli charakteryzujących się zwiększoną niezawodnością.

Istnieje współzależność przepływności i zasięgu modemów SHDSL dla różnych parametrów kabla i poziomów szumów w kablu (wywołanych np. przenikami z sąsiednich systemów). W przypadku wykorzystania jednej pary przepływność modemów jest ustawiana w zależności od parametrów pary w kablu łączącym modemy w zakresie od 192 do 4648 kb/s [5].

Pasmo częstotliwości wysokich może być również wykorzystane dla krótkich łączy (umownie do 100 m) wykorzystujących protokół Ethernet (10Base-T, 100Base-T).

3. TRANSMISJA W TELEKOMUNIKACYJNYCH KABLACH MIEDZIANYCH PROMIENIUJĄCYCH

W kopalniach podziemnych coraz szersze zastosowanie znajdują kable koncentryczne specjalnej budowy zwane kablami promieniującymi [9], wykorzystywane w systemach radiokomunikacyjnych. Głównym celem stosowania tego rodzaju kabli jest realizacja łączności (głosowej) pomiędzy radiotelefonami znajdującymi się w zasięgu kabla promieniującego. W istniejących instalacjach kabli promieniujących dla łączności głosowej wykorzystuje się pasmo częstotliwości 150-170 MHz (w kopalniach węgla) oraz 410-430 MHz (w kopalniach rud miedzi). W wymienionych zakresach częstotliwości tłumienność falowa kabli promieniujących jest dosyć duża (rzędu 4 dB/100 m), co powoduje konieczność budowy specjalnej infrastruktury kabla promieniującego zawierającej między innymi zdalnie zasilane wzmacniaki, rozmieszczone w odległościach 300-500 m. Radiotelefony pracują w kilku kanałach przy odstępnie międzykanałowym 25 kHz.

⁹ SHDSL – ang. *Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line*.

Przewód promieniujący wraz z istniejącą infrastrukturą może być wykorzystany również do transmisji innych sygnałów, takich jak:

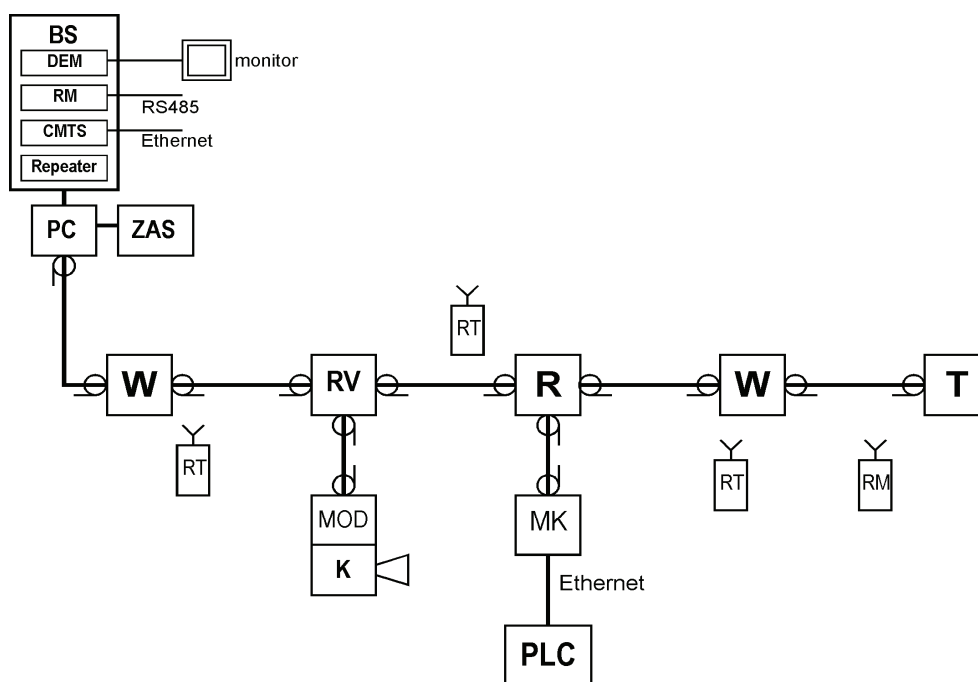
- sygnały wideo z wielu kamer. W paśmie 20-120 MHz tworzy się 16 kanałów wideo o szerokości 6,25 MHz. Sygnały z poszczególnych kamer są przesuwane za pomocą modulatorów do odpowiednich kanałów. W stacji bazowej demodulatory wydzielają sygnały wideo z poszczególnych kamer. Takie wykorzystanie przewodu promieniującego wymaga zastosowania wzmacniaków wzmacniających pasmo 20-120 MHz w kierunku do stacji bazowej,
- wolna transmisja danych z wykorzystaniem radiomodemów. Radiomodemy pracują z przepływnością do 9600 kb/s w pasmach wykorzystywanych do transmisji głosowej,
- szerokopasmowa transmisja danych wykorzystująca rozwiązania stosowane przy realizacji dostępu

do internetu w telewizji kablowej. Tego rodzaju rozwiązanie udostępnia kilka kanałów o przepływnościach 10-54 Mb/s, lecz wymaga zastosowania wzmacniaków na pasma częstotliwości wykorzystywane przez szerokopasmową transmisję danych.

Na rys. 2. pokazano w uproszczeniu schemat blokowy systemu radiokomunikacji z przewodem promieniującym z uwzględnieniem realizacji różnych wariantów transmisji danych.

Przewód promieniujący posiada następujące właściwości transmisyjne:

- umożliwia jednoczesną transmisję różnorodnych sygnałów analogowych (łącznie pasmo ponad 100 MHz) oraz cyfrowych o przepływności do 54 Mb/s,
- zasięg do 300-500 m (odległość pomiędzy wzmacniakami), co wymaga stosowania wzmacniaków liniowych przy transmisji na dalsze odległości,
- ograniczona możliwość zdalnego zasilania wzmacniaków oraz urządzeń końcowych.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu łączności radiowej wykorzystującego przewód promieniujący z uwzględnieniem transmisji sygnału wideo oraz wąskopasmowej i szerokopasmowej transmisji danych [9]:
 BS – stacja bazowa, W – wzmacniak, R – rozgałęźnik, RV – rozgałęźnik wideo, T – terminator, K – komora,
 PLC – sterownik, MK – modem kablowski, RT – radiotelefon, M – modulator, DEM – demodulator,
 CMTS – modem kablowski systemowy

4. TRANSMISJA W KABŁACH ŚWIATŁOWODOWYCH

W XXI wieku obserwuje się wprowadzanie do kopalń podziemnych techniki światłowodowej w coraz szerszym zakresie. Rozwiązane zostały w znacznej mierze problemy technologiczne instalacji i eksploata-

cji sieci światłowodowych w kopalniach podziemnych. Powstały także możliwości budowy sieci światłowodowych w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu/pyłu węglowego. Obecnie w każdym Zakładzie Górniczym KGHM jest zainstalowanych ponad 50 km kabli światłowodowych. W każdej z kopalń JSW S.A. zainstalowano około 20-35 km kabli światłowodowych [13].

W sieciach światłowodowych można transmitować:

- sygnały cyfrowe (w postaci impulsów) – jest to na razie jedyny sposób transmisji wykorzystywany w kopalniach podziemnych,
- sygnały analogowe wykorzystujące modulację amplitudy AM lub FM. Tego typu transmisja jest stosowana w systemach transmisji sygnałów wideo. Może być również stosowana w rozbudowanych systemach radiokomunikacji z kablem promieniującym [9].

W telekomunikacji są stosowane głównie włókna światłowodowe jednomodowe. Transmisja sygnałów odbywa się w dwóch oknach: 1,3 oraz 1,55 μm . Ograniczenia zasięgu transmisji wynikają głównie z następujących zjawisk [11]:

- tłumienie sygnału w światłowodzie (około 0,4 dB/km w oknie 1,3 μm oraz około 0,25 dB/km w oknie 1,55 μm),
- tłumienie sygnału w złączach rozłączalnych (około 0,5 dB) i złączach stałych (około 0,1 dB),
- dyspersja (zjawisko poszerzenia impulsu).

Porównując tłumienności jednostkowe światłowodów jednomodowych i złącz, dostrzec można bardzo wyraźny wpływ tłumienności złącz na tłumienność całego odcinka światłowodu między dwoma urządzeniami transmisyjnymi. Tłumienność złącza rozłącznego jest większa od tłumienności 1 km światłowodu.

Przy rozległości kopalni 10 km (lub nieco więcej) realizacja łącza światłowodowego niezawierającego aktywnych urządzeń transmisyjnych nie stanowi problemu.

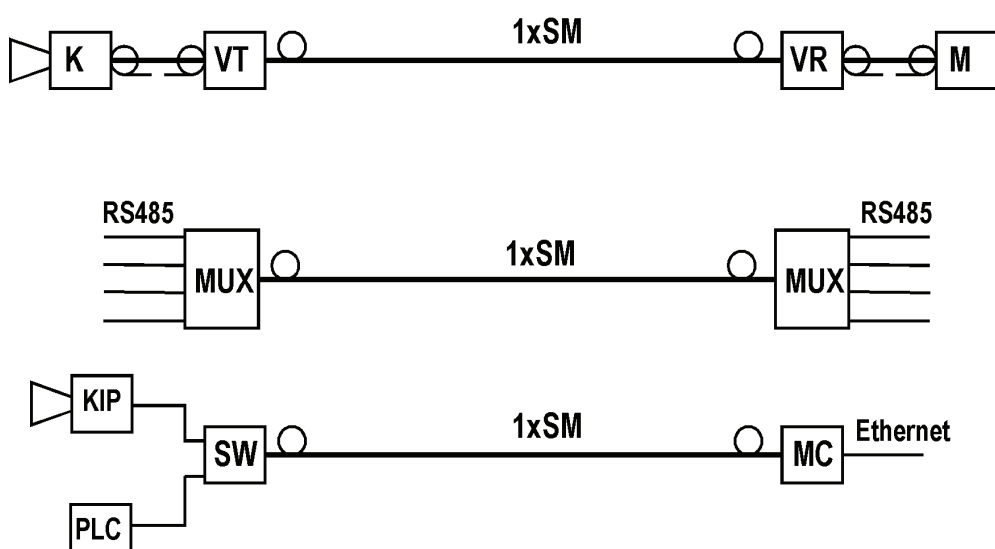
Topologia układów transmisji w sieciach światłowodowych jest bardzo różnorodna – począwszy od transmisji punkt-punkt (rys. 3), aż do mniej lub bardziej rozbudowanej sieci szkieletowej (rys. 4) [13]. W układach punkt-punkt można spotkać:

- transmisję jednym włóknem sygnału analogowego z kamer (np. nadajniki i odbiorniki z modulacją FM),
- transmisję jednym włóknem od jednego do kilku sygnałów wykorzystujących protokół RS485,
- transmisję dwoma włóknami sygnału Ethernet.

Obecnie w podziemnych zakładach górniczych funkcjonują dwa rodzaje sieci szkieletowej:

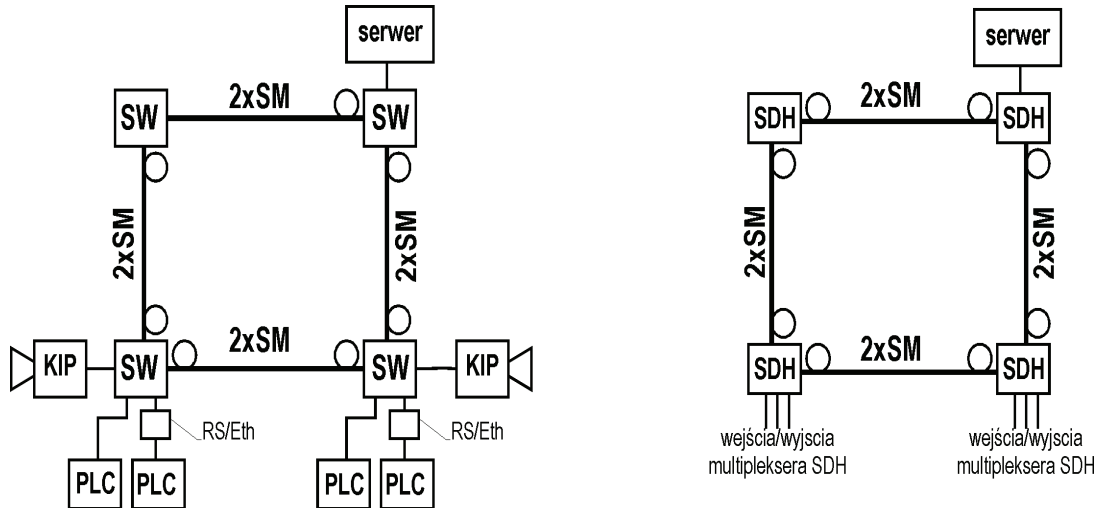
- sieć komputerowa z protokołem TCP/IP (rys. 4) stworzona przez przełączniki w układzie rozbudowanej pętli. Jest ona obecnie budowana w wersji przeciwybuchowej (z oznakowaniem Ex ia oraz Ex op is) w kopalniach JSW S.A. [13]. Przełączniki są najczęściej łączone parą włókien. Istnieją również przełączniki łączone jednym włóknem wykorzystujące transmisję WDM (1,3 μm w jednym kierunku oraz 1,55 μm w drugim kierunku),
- sieć SDH z węzłami w postaci multiplekserów SDH. Sieć SDH została zastosowana w kopalniach KGHM [1] w postaci rozbudowanej struktury pętlowej. Multipleksery SDH są wyposażone w interfejsy wielu wykorzystywanych obecnie protokołów transmisyjnych.

Struktury pętlowe zapewniają zwiększoną niezawodność transmisji, tzn. umożliwiają transmisję przy uszkodzeniu jednej z gałęzi pętli.



Rys. 3. Przykłady układów transmisji światłowodowej punkt-punkt [13]:

SM – światłowód jednomodowy, K – kamera, VT – nadajnik wideo, VR – odbiornik wideo, M – monitor, MUX – multiplekser sygnałów RS485, SW – przełącznik, KIP – kamera z wyjściem Ethernet, MC – konwerter elektrooptyczny, PLC – sterownik



Rys. 4. Przykłady układów transmisji światłowodowej z siecią szkieletową [13]:
 a) Ethernet z protokołem TCP/IP; b) synchroniczną SDH: SW – przełącznik, KIP – kamera z wyjściem Ethernet, MC – konwerter elektrooptyczny, RS/Eth – konwerter – protokół RS232/485 na Ethernet, SDH – multiplexer SDH, SM – światłowód jednomodowy, PLC – sterownik

5. SYSTEMY RADIOKOMUNIKACYJNE

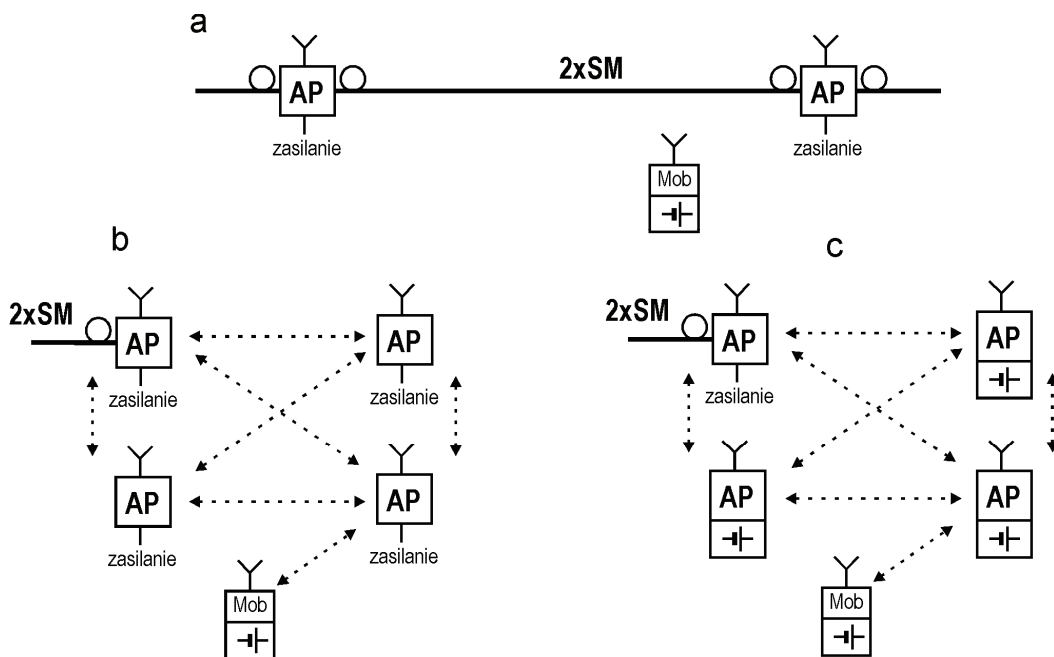
Systemy radiokomunikacyjne stosuje się zazwyczaj dla uzyskania komunikacji z urządzeniami mobilnymi (radiotelefony, radiomodemy itp.). Środowisko kopalń podziemnych jest dość specyficzne dla radiokomunikacji. Brak możliwości (poza nielicznymi wyjątkami) wykorzystania propagacji fal elektromagnetycznych przez górotwór ogranicza zasięg łącz radiowych do kilkuset metrów zależnie od lokalnych warunków propagacji (geometrii wyrobiska). Ten niezbyt daleki

zasięg wymaga tworzenia pewnej infrastruktury dla uzyskania zasięgu systemów radiokomunikacyjnych w całej kopalni podziemnej lub dla jej wymaganego fragmentu. Infrastruktura może być zbudowana:

- za pomocą przewodu promieniującego (rys. 2),
- za pomocą sieci punktów dostępowych rozmieszczonych tak, by zapewnić pokrycie radiowe w wyznaczonych wyrobiskach.

Obszary pokrycia radiowego poszczególnych punktów dostępowych muszą zachodzić na siebie.

Na rys. 5. pokazano podstawowe struktury sieci punktów dostępowych:



Rys. 5. Podstawowe struktury sieci punktów dostępowych [10], [2]:
 Mob – ruchome urządzenie radiokomunikacyjne, AP – punkt dostępowy, SM – włókna światłowodowe jednomodowe

- punkty dostępne zasilane z sieci elektroenergetycznej i połączone włóknami światłowodowymi (rys. 5a). Istnieją rozwiązania z zastosowaniem kabli hybrydowych (światłowodowo-miedzianych) do transmisji danych (światłowód) i zasilania (przewody miedziane) punktu dostępowego wykonanego jako przeciwwybuchowy (*Ex ia* oraz *Ex op is*) [10],
- punkty dostępne zasilane z sieci elektroenergetycznej i tworzące sieć kratową [2] (rys. 5b),
- punkty dostępne z zasilaniem baterijnym i tworzące sieć kratową [2] (rys. 5c).

6. PODSUMOWANIE

Podstawowym obszarem zastosowania kabli miedzianych symetrycznych są systemy o topologii punkt-punkt, wykorzystujące częstotliwości akustyczne do transmisji sygnałów głosowych oraz modemy telefoniczne dla linii dzierżawionych. Szerokopasmowa transmisja danych jest ograniczona ze względu na duże tłumienie sygnału dla częstotliwości ponadakustycznych.

Podstawowym obszarem zastosowania przewodów promieniujących jest system łączności radiowej z wykorzystaniem radiotelefonów. Transmisja danych w przewodach promieniujących jest jedynie funkcją dodatkową, która może być wykorzystana w przypadku istniejącej instalacji przewodu promieniującego.

Podstawowym obszarem zastosowania kabli światłowodowych jest transmisja danych szczególnie w systemach monitorowania (i niekiedy sterowania) maszyn i urządzeń w systemach telewizji przemysłowej. Obecnie obserwuje się budowę nowych sieci oraz rozbudowę istniejących z uwzględnieniem również sieci szkieletowych.

Podstawowym obszarem zastosowania łączy radiowych jest komunikacja z urządzeniami mobilnymi (radiotelefonami czy sterownikami maszyn samojazdnych). Systemy radiowe mogą również realizować usługę lokalizacji osób, a także maszyn, urządzeń i materiałów.

Literatura

1. Andrzejewski M., Borkowski L.: *Światłowodowy system transmisji danych dla potrzeb systemów łączności i automatyki na bazie systemu FOX w KGHM Polska Miedź S.A.* W: *Systemy telekomunikacyjne, monitoring i wizualizacja podziemnej eksploatacji złóż*, red. A. Dyczko i A. Wojaczek, Wydawnictwo fundacji dla AGH, Kraków 2011.
2. Battery-Powered Wireless Network Infrastructure Node, Model Number MTX-BWNIN-200.
3. Cierpisz S., Miśkiewicz K., Musioł K., Wojaczek A.: *Systemy gazometryczne w górnictwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.

4. Czyrwik S., Feruś J., Heyduk A., Langhammer M., Miśkiewicz K., Szebesta K.: *System sterowania kolejek podwieszanych i spągowych SSLKSP-1A jako zastosowanie sieci LonWorks w Górnictwie*. W: *Telekomunikacja i Systemy Bezpieczeństwa w Górnictwie* KTG'2002, red. K. Miśkiewicz i A. Wojaczek, Wydawnictwo Katedry Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
5. ITU-T SERIES G: *Transmission systems and media, digital systems and networks*, Digital sections and digital line system – Access networks, Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers.
6. *Wybrane zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej w górnictwie*, red. F. Krasucki, Komitet Górnictwa, PWN, Warszawa 1988.
7. Kula S.: *Systemy i sieci dostępowe xDSL*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
8. Miśkiewicz K., Wojaczek A., Wojtas P.: *Systemy dyspozytorskie kopalń podziemnych i ich integracja. Wybrane problemy*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
9. Miśkiewicz K., Wojaczek A.: *Systemy radiokomunikacji z kablem promieniującym w kopalniach podziemnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
10. Paszek A.: *Iskrobezpieczny system lokalizacji, telefonii VoIP i komunikacji*, Materiały konferencji naukowo-technicznej EMTECH 2012, Szczyrk, maj 2012.
11. Siuzdak J.: *Wstęp do współczesnej telekomunikacji światłowodowej*, WKŁ, Warszawa 1997.
12. Tranz-Tel: *Multiplekser danych FOD-MTC HYDRA*, Kobiór 2009.
13. Wojaczek A., Miśkiewicz K., Timler M.: *Światłowodowe sieci telekomunikacyjne w kopalniach*. „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa”, nr 10, 2011.
14. Wojaczek A., Miśkiewicz K., Dzierżęga J.: *Dołowe sieci telekomunikacyjne z kablami miedzianymi w kopalniach JSW S.A.* „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa”, nr 10, 2011.
15. *Ustawa z dnia 16.07.2004 r. Prawo telekomunikacyjne*. Dz.U. z 2004 r., nr 171, poz. 1800.
16. *Vademecum teleinformatyka*, tom I-III, Wydawnictwo IDG Poland, Warszawa 2002.