

dr inż. ANTONI WOJACZEK
dr inż. KAZIMIERZ MIŚKIEWICZ
Politechnika Śląska, Katedra Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa
mgr inż. MIECZYŚLAW TIMLER
Zakład Elektrotechniki Budowlanej i Przemysłowej

Światłowodowe sieci telekomunikacyjne w kopalniach

W artykule omówiono sieci telekomunikacyjne światłowodowe, eksploatowane w zakładach górniczych. Scharakteryzowano typowe konfiguracje i możliwe wykorzystanie tych sieci w kopalniach. Zwrócono uwagę na coraz większą rolę sieci optotelekomunikacyjnych w systemach teletransmisyjnych. Przedstawiono możliwe do wykorzystania sposoby transmisji danych w kopalniach z wykorzystaniem sieci światłowodowych. Zaprezentowano wybrane dane dotyczące sieci światłowodowych eksploatowanych w kopalniach JSW SA.

1. WSTĘP

W kopalniach eksploatuje się obecnie trzy rodzaje sieci telekomunikacyjnych:

- zbudowane z kabli miedzianych symetrycznych,
- zbudowane z przewodów promieniujących wraz z infrastrukturą zawierającą między innymi wzmacniaki i rozgałęźniki [1],
- zbudowane z kabli światłowodowych.

W kopalniach stosuje się kable telekomunikacyjne symetryczne typu TKG z żyłami o średnicy 0,8 mm. Tego typu sieci wykorzystywane są w systemach łączności telefonicznej, alarmowo-rozgłoszeniowej, systemach gazometrycznych, systemach geofizyki, systemach transmisji sygnałów dwustanowych ze źródeł rozproszonych (np. FOD-900), a także wąskopasmowej (modemowej) transmisji danych w paśmie telefonicznym [5]. Modemy dla szerokopasmowej transmisji danych (np. Mt-HDSL czy Mt-MDSL) nie znalazły szerszego zastosowania. Duże nakłady finansowe poniesione przez każdą z kopalń na zbudowanie tego rodzaju sieci transmisyjnych w połączeniu z właściwościami systemów, które wykorzystują tego rodzaju sieci (przede wszystkim telefonia, gazometria i geofizyka) powoduje, że sieci te będą eksploatowane i rozbudowywane we wszystkich kopalniach jeszcze przez wiele lat.

Sieci kabli promieniujących (wraz z infrastrukturą) stosowane są głównie dla realizacji bezprzewodowej łączności fonicznej (radiotelefony). W tego rodzaju sieciach możliwa jest transmisja sygnałów analogowych z kamer, a także wąskopasmowa transmisja danych (do 9600 b/s). Istnieją także rozwiązania szerokopasmowej transmisji danych (niezbędne urządzenia nie są aktualnie dostępne w wersji iskrobezpiecznej) [1]. W każdym przypadku charakterystyki częstotliwościowe elementów infrastruktury (wzmacniaki, rozgałęźniki itp.) muszą być dopasowane do widma przesyłanych sygnałów.

Zapotrzebowanie na systemy transmisyjne o dużej przepływności spowodowało potrzebę wdrażania do kopalń techniki światłowodowej. Światłowody umożliwiają realizację systemów transmisyjnych (w tym także budowy przeciwwybuchowej) o dużej przepływności (1 Gb/s i więcej) i odległościach istniejących w kopalniach podziemnych (w tym także kopalń łączonych). Pomimo początkowych obaw związanych z montażem, a szczególnie z naprawami uszkodzonych odcinków linii kablowych i trudnościami związanymi z doprowadzeniem zasilania gwarantowanego do urządzeń abonenckich obserwuje się duży rozwój tych sieci.

Środowisko techniczne podziemnych zakładów górniczych stwarza specyficzne warunki dla struktur kopalnianych sieci telekomunikacyjnych. Wdrażanie typowych i szeroko stosowanych w telekomunikacji powszechnej technologii cyfrowych napotykało w górn-

twie na trudności związane z występowaniem w kopalniach podziemnych zagrożeń naturalnych i koniecznością stosowania iskrobezpiecznych urządzeń telekomunikacyjnych, co w konsekwencji uniemożliwiało bezpośrednio przenoszenie istniejących rozwiązań technicznych do kopalnianych systemów teletransmisyjnych.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŚWIATŁOWODOWYCH SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH

Pierwsze kable światłowodowe w polskim górnictwie zastosowano w systemach teletransmisyjnych SDH (np. system FOX 515 zainstalowany w kopalniach miedzi i w LW Bogdanka) oraz w układach sygnalizacji szybowej (np. w KWK Jas-Mos). Jednym z problemów, z jakim spotkali się użytkownicy kabli optotelekomunikacyjnych w kopalniach, jest brak możliwości centralnego (z powierzchni) zasilania urządzeń abonenckich. Tradycyjnie większość eksploatowanych dotychczas systemów telekomunikacyjnych (ze względu na pewność zasilana urządzeń abonenckich niezależnie od stanu dołowej sieci elektroenergetycznej) zasilają urządzenia końcowe z części stacyjnej linią teletransmisyjną.

W eksploatacji systemów telekomunikacyjnych z kablami światłowodowymi pewnym utrudnieniem jest również szybka awaryjna naprawa odcinka kabla światłowodowego w przypadku wystąpienia uszkodzenia (przerwania włókien kabla światłowodowego). W tym przypadku należy z reguły posiadać specjalistyczny sprzęt (np. spawarki światłowodowe) do łączenia tego typu kabli, wymienić uszkodzony odcinek celem naprawy go na powierzchni, a w tym czasie uruchomić połączenie prowizoryczne w sieci światłowodowej.

Obecnie technikę światłowodową stosuje się głównie w technologicznych systemach transmisji danych takich jak: transmisja danych ze sterowników maszyn i urządzeń, transmisja danych z zabezpieczeń elektroenergetycznych sieci 6 kV, a także sygnały z kamer telewizji przemysłowej. Tego rodzaju systemy nie podlegają procedurze dopuszczeniowej, a także nie muszą spełniać wymagań dotyczących autonomii zasilania urządzeń dołowych [3, 4].

Podstawowe zadanie stawiane systemom transmisji technologicznej, to pewna informacja zebrana w krótkim czasie, która pozwala na podejmowanie trafnych decyzji związanych z bieżącą produkcją, a w szczególności w stanach przedawaryjnych i awaryjnych. Kolejnym elementem znacząco zwiększającym zapotrzebowanie na światłowodowe systemy teletransmisyjne jest fakt eksploatacji w kopalniach

obiektów, którymi można zarządzać zdalnie. Pozytywnie informację związanych ze stanami pracy ciągów technologicznych możliwe jest dzięki wprowadzeniu do kopalń maszyn posiadających moduły automatyki pozwalające na komunikację z zewnętrznymi systemami informatycznymi. Ważnym aspektem wprowadzania systemów światłowodowych do wyrobisk jest wysoka odporność kanału transmisyjnego na zakłócenia elektromagnetyczne występujące w środowisku technicznym podziemi kopalń.

W kopalniach zagrożonych wybuchem, w światłowodowych systemach teletransmisyjnych należy stosować nadajniki z zabezpieczeniem *op is*¹, tzn. ze źródłami optycznymi wyposażonymi w ograniczniki prądu i/lub napięcia, przy których moc optyczna nadajnika nie przekroczy wartości bezpiecznych. Przykład oznakowania tego rodzaju elementów pokazano w tabeli 1.

Tabela 1

Przeciwybuchowe (przeciwzapalne) oznaczenia elementów światłowodowego systemu teletransmisyjnego

I (M2/M1) Ex ia op is I	Dla elementów aktywnych systemu światłowodowego zasilanych z zasilaczy iskrobezpiecznych z ognioszczelną komorą przyłączową (M2), względnie ze źródeł iskrobezpiecznych (M1) - zgodnie z: PN-EN 60079-0:2006, PN-EN 60079-11:2007, PN-EN 60079-28:2007
----------------------------	--

3. STRUKTURA KOPALNIANYCH SIECI TRANSMISYJNYCH

Kopalniane światłowodowe systemy teletransmisyjne są częścią systemów (rys. 1) monitorowania zawierających:

- urządzenia dołowe wyposażone w sterowniki (np. PLC) udostępniające dla systemów nadrzędnych dane dotyczące pracy urządzenia,
- sieć transmisyjną (abonencka) od monitorowanego urządzenia do dołowego urządzenia teletransmisyjnego (np. koncentratora danych),
- węzły aktywne sieci światłowodowej (np. stacje ALFA), sieciowe koncentratory danych, węzły przetwornikowe, multipleksery i mediakonwertery,
- węzły pasywne sieci światłowodowej (przełącznice, urządzenia zapasu kabli światłowodowych),
- kable optotelekomunikacyjne dołowe, szybkie i powierzchniowe,
- stojaki transmisji technologicznej światłowodowej (np. STTS) zawierające: przełącznice, urządzenia przetwornikowe, rejestratory, urządzenia sieciowe i serwery SCADA,

¹ ang. *optical radiation inherently safe*

- stanowiska wizualizacji procesów technologicznych w pomieszczenia dyspozytorski, a także osób do nadzoru kopalni.

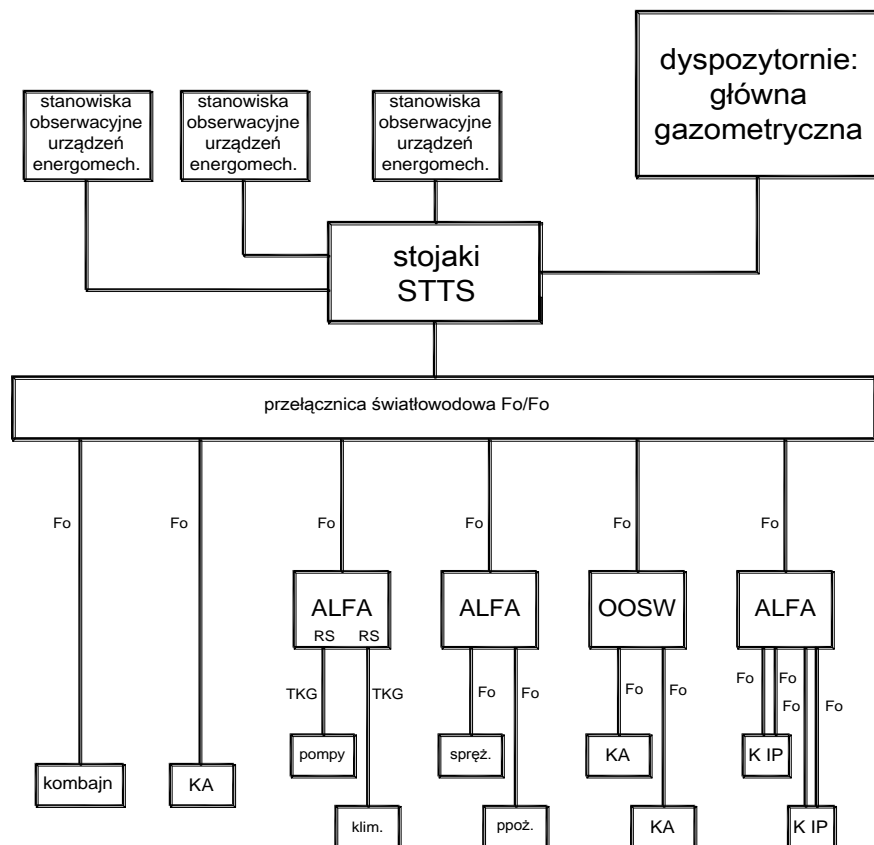
W kopalniach najczęściej buduje się gwiazdowe struktury sieci światłowodowych, w znacznym stopniu na strukturę sieci wpływa też układ wyrobisk dołowych. W dołowych światłowodowych sieciach telekomunikacyjnych możemy wyróżnić:

- **Sieci szybkie** – budowane kablami typu YOTKGtsFoyn xJ lub xG, gdzie: *J* oznacza włókna jednomodowe, *G* oznacza włókna wielomodowe, a *x* ilość włókien światłowodowych.
- **Sieci magistralne** – budowane w przekopach i chodnikach kablami typu YOTKGtsFtlyn.
- **Sieci końcowe** – budowane kablami miękkimi, nie zbrojonymi pancierzami stalowymi. Kable te służą do włączania urządzeń do punktów węzłowych sieci światłowodowej.

Światłowodowe systemy monitorowania obejmują swym działaniem, tj. zbieraniem informacji, przede wszystkim:

- kompleksy przodkowe i ścianowe, podporność sekcji i odstawa urobku,
- zasilanie w energię elektryczną, rozdzielnie główne i rejonowe,
- odwadnianie, pompownie główne, pompownie wysokociśnieniowe,
- stacje centralnej klimatyzacji, mieszalniki, chłodnice,
- sprężarki powietrza i monitoring rozpliwów wody ppoż,
- monitoring wizyjny miejsc niebezpiecznych, komór skipowych, dworców osobowych itp.

Przykładowa struktura systemu nadzoru procesów technologicznych przedstawiona została na rysunku 1.

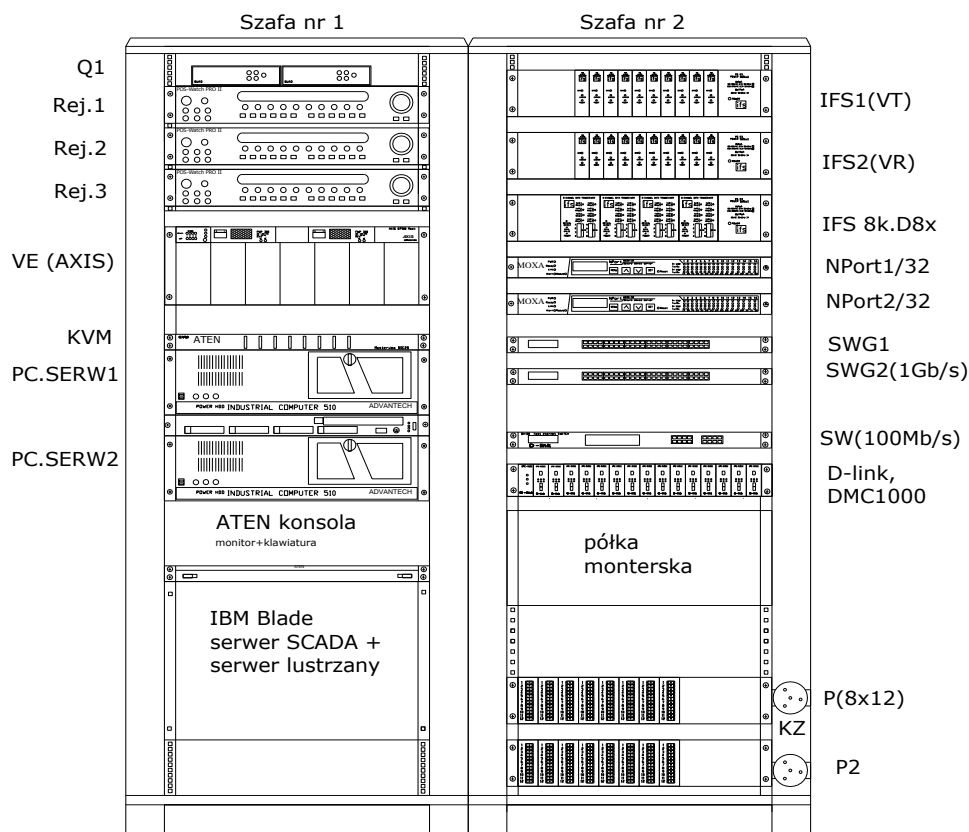


Rys. 1. Przykładowa struktura systemu monitorowania i nadzoru procesu technologicznego w kopalni
 OOSW – ognioszczelne optoelektroniczne stanowisko wizualizacji,
 Fo – światłowód, KA – kamera z wyjściem analogowym, K IP – kamera IP

Sieć światłowodowa zawiera jeden główny punkt gwiazdowy, którym jest stojak transmisji technologicznej światłowodowej (STTS). To w nim znajdują się różnego rodzaju urządzenia przetwarzające, konwertujące sygnały z sieci światłowodowej do sieci komputerowej, transmisji szeregowej itp. Znajdujące

się w stojaku serwery przetwarzają i archiwizują transmitowane dane i udostępniają je na stanowiskach wizualizacji SCADA.

Typową budowę stojaków światłowodowego systemu teletransmisyjnego przedstawiono na rysunku 2. [6].



Rys. 2. Przykład stojaka systemu transmisji technologicznej światłowodowej typu STTS (TIMLER); podano przykładowe typy urządzeń zastosowanych w tych stojakach; P – przełącznica modułowa (8 modułów \times 12 włókien), KZ – koła zapasów kabli światłowodowych, IFS – obudowa dla elementów systemu IFS (videokonwertery: VT kamera/FO, VR FO/rejestrator, 8k.D8x konwerter Tx, Rx typu D8000), NPort – serwer portów szeregowych MOXA typu 6550/32, Q – dzielnik ekranu, Rej – rejestratory cyfrowe obrazów; typ POS-Watch II VIDIOUS Pro, VE – video encoder AXIS Q 7900; sześciokanałowy moduł rejestratora video; konwerter sygnału z kamer analogowych do IP, SWG – switch gigaEthernet, SW – switch Ethernet 100Mb/s, D-link – obudowa D link do media-konwerterów serii DMC; np. DMC515SC konwerter LAN/FO, DMC1000 sterownik zarządzający konwerterami, KVM – konsola ATEN; przełącznik monitora i klawiatury do serwerów stojakowych, SERW – serwery

Podstawowymi elementami sieci umożliwiającymi włączanie urządzeń aktywnych oraz kolejnych ciągów kablowych są przełącznice światłowodowe. Przełącznice są nieaktywnymi punktami węzłowymi, w których można dokonywać rozdziału sygnału, przekrosowywania lub rozdzielania. Stanowią one również punkt pomiarowy umożliwiający diagnozowanie linii.

Sygnały z urządzeń (rys. 1) mogą być wprowadzane do sieci systemu teletransmisyjnego (sieci światłowodowej) w dwojaki sposób:

- bezpośrednio, za pomocą istniejących interfejsów światłowodowych znajdujących się w urządzeniach monitorowanych,
- pośrednio, z wykorzystaniem koncentratorów światłowodowych (np. ALFA) z wejściami elektrycznymi (np. RS485, sygnał dwustanowy).

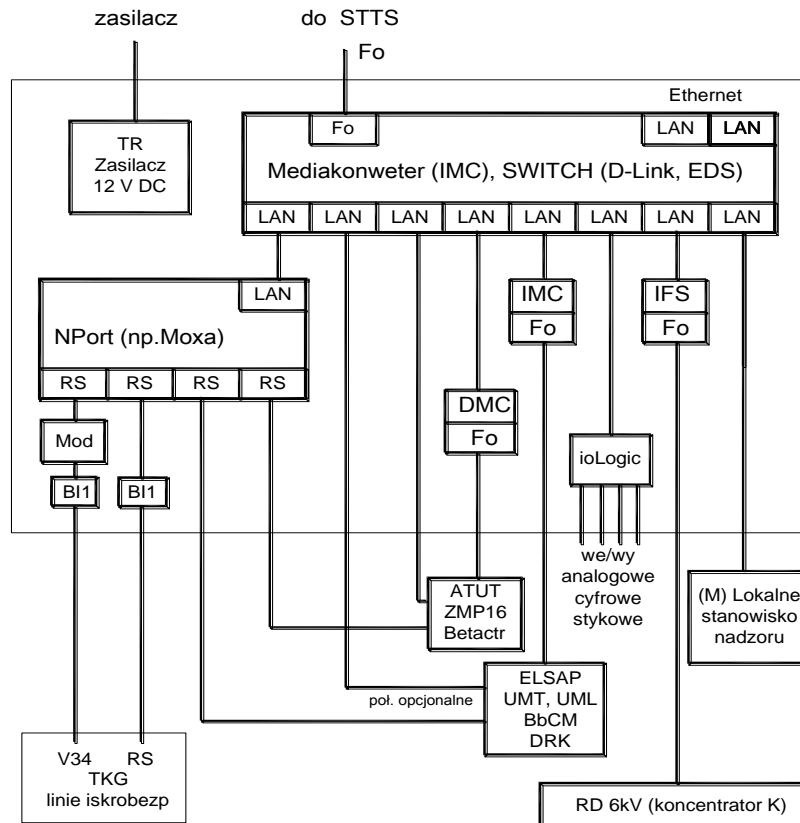
Koncentratory sygnałów stanowią logiczne punkty gwiazdowe sieci transmisji technologicznej. Urządzenia

monitorowane mogą być również podłączone do sieci światłowodowej za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnej miedzianej:

- wydzielonej (przeznaczonej wyłącznie dla tego systemu technologicznego), np. symetrycznymi typu TKG lub kablami typu UTP,
- wolnymi parami w liniach kablowych kopalnianej sieci telekomunikacyjnej (w magistralnej lub rozdzielczej sieci ogólnokopalnianej).

4. ELEMENTY ŚWIATŁOWODOWYCH SIECI TELETRANSMISYJNYCH – KONCENTRATORY

Zasadniczym elementem dołowym teletransmisyjnego systemu światłowodowego są koncentratory światłowodowe. W zależności od producenta posiadają one różne nazwy i oznaczenia, takie jak np.:



Rys. 3. Budowa przykładowej światłowodowej stacji przetwornikowej typu ALFA [6]

IFS – International Fiber Systems, IMC – Industrial Media Converter (np. urządzenia firmy Moxa), DMC – Digital Media Converter oznaczają powszechnie stosowane w kopalnianych systemach światłowodowych mediakonwertery, serwery portów szeregowych, multipleksery portów i inne elementy dla systemów światłowodowych stosowane w tych stacjach, a produkowane przez wiodące, światowe firmy w tym zakresie. Mod – modem, Bi – zespół separacji iskrobezpiecznej, LAN – interfejs Ethernetowy, Fo – we/wy światłowodowe, ATUT, ZMP, ELSAP, UMT Betacontrol, DRK – oznaczają elementy urządzeń automatyki dołowej i systemów telekomunikacyjnych, które mogą być przyłączone do stacji przetwornikowej, RD – rozdzielnia dołowa 6 kV, TR – transformator w układzie zasilania stacji, TKG – telekomunikacyjny kabel górniczy z żyłami miedzianymi

- iskrobezpieczna stacja przetwornikowa typu ALFA firmy TIMLER,
- iskrobezpieczna stacja lokalna typu RSS firmy ELEKTROMETAL,
- koncentrator światłowodowy typu RMX firmy RNT,
- multiplekser danych HYDRA FOD-MTC firmy Tranz-Tel.

Uproszczoną budowę światłowodowej stacji przetwornikowej ALFA przedstawiono na rysunku 3. W aktywnych stacjach dołowych możemy wyróżnić:

- konwertery sygnałów szeregowych RS, na transmisję światłowodową multipleksowaną (urządzenia NPort + Switch na rys. 3),
- konwertery sygnałów szeregowych RS, sygnałów dwustanowych, analogowych prądowych i napięciowych (ioLogic rys. 3) na transmisję Ethernetową światłowodową,
- videokonwertery do współpracy z kamerami z wyjściem analogowym,

- ognioszczelne optoelektryczne stanowisko wizualizacji (OOSW, OSW) – służące do przetwarzania sygnałów wideo oraz wyświetlania oprogramowania SCADA jako stanowisko terminalowe dołowe.

Narzędziem pomocniczym w systemach monitorowania jest telewizja przemysłowa pozwalająca na bezpośrednią zdalną obserwację urządzeń i procesów technologicznych (wraz z nagrywaniem obrazów). Obraz w wielu przypadkach pomaga obsłudze zaglądnąć w miejsca niebezpieczne w trakcie eksploatacji lub daje dodatkową informację, której układy automatyki nie są w stanie zrealizować.

Do tej pory podstawowym sposobem przesyłania sygnałów z urządzeń dołowych w sieci światłowodowej była transmisja z urządzeń aktywnych wprost do stojaka transmisji technologicznej światłowodowej znajdującego się na powierzchni. Wraz z rozwojem tych sieci, zwiększeniem ilości urządzeń aktywnych instalowanych na dole, pojemności kabli sztybowych (96 włókien) stają się powoli niewystarczające.

jące. Dzięki standaryzacji transmisji, możliwe jest zastosowanie w sieci światłowodowej bezpiecznych (przeciwwzpalnych) przełączników (switch) klasy M1 z podtrzymaniem bateryjnym i budowę szkieletowej sieci transmisji światłowodowej. Powoduje to uwolnienie zajętych dotychczas włókien w kablach szynowych. Budowa systemu teletransmisyjnego z zastosowaniem przełączników (switch) likwiduje częściowo strukturę „punkt–punkt” (P2P).

W sieciach szkieletowych niezbędne jest zastosowanie w łączach pomiędzy węzłami przepływności 1 Gb/s, szczególnie w przypadku zastosowania kamer o wysokiej rozdzielczości (rys. 1).

5. METODY TRANSMISJI DANYCH ZA POŚREDNICTWEM SIECI ŚWIATŁOWODOWYCH

5.1. Transmisja z kamer o wyjściu analogowym

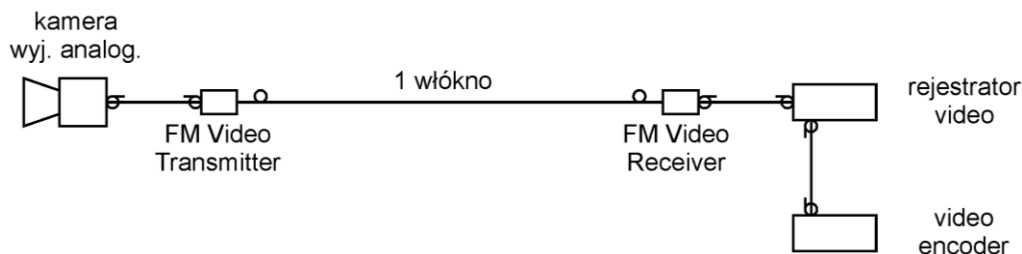
W przypadku kamer z wyjściem analogowym dla wykorzystania sieci światłowodowej zastosowano nadajniki video (np. VT4030) stosujące cyfrową modulację FM, sprzężone z odpowiednimi odbiornikami video (np. VR4030). Dla transmisji sygnału z jednej kamery wykorzystuje się jedno włókno jednomodowe z dołu na powierzchnię. W stojaku urządzeń stacyj-

nych sygnał wideo podlega rejestracji w rejestratorze video oraz jest przykazywany do enkodera video (np. AXIS Q7900), gdzie zostaje przekształcony do postaci cyfrowej (np. z kompresją MPEG-4). Dla niektórych kamer (wymagających sterowania) stosuje się nadajniki i odbiorniki sygnału video z możliwością przesyłania sygnałów sterujących do kamer (np. VT1930WDM, VR1930WDM). Na rysunku 4 pokazano schemat blokowy transmisji sygnału analogowego z kamer siecią światłowodową [5].

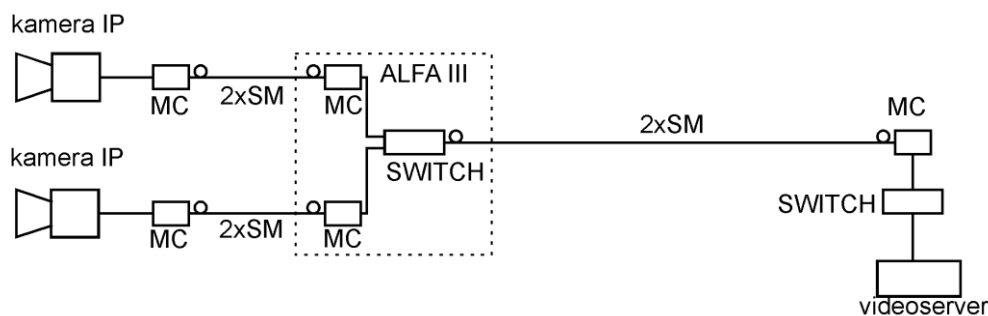
Ograniczeniem stosowania kamer z wyjściem analogowym z transmisją jak na rysunku 4 jest konieczność wykorzystania odrębnego jednego włókna w sieci dla każdej kamery.

5.2. Transmisja z kamer IP

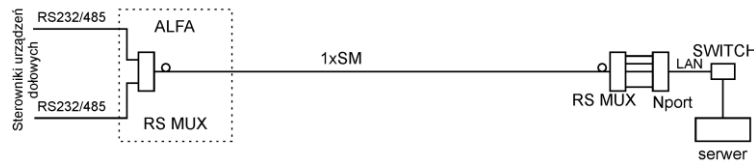
Kamery IP są elementami sieci komputerowej i posiadają swój adres sieciowy. Obraz z kamery może być transmitowany w różnych formatach kompresji (H264, Motion JPEG) z różną przepływnością (od 10 kb/s do 10 Mb/s). Sygnał wyjściowy z kamery poprzez konwertery mediów, przełączniki Ethernetowe jest przekazywany do videoservera (rys. 5). W liniach światłowodowych do transmisji wykorzystuje się 2 włókna jednomodowe. W tego rodzaju rozwiązaniu sygnały z grupy kamer (np. z 8 kamer IP przyłączonych do stacji ALFA) są transmitowane parą włókien do dyspozytorni (rys. 5).



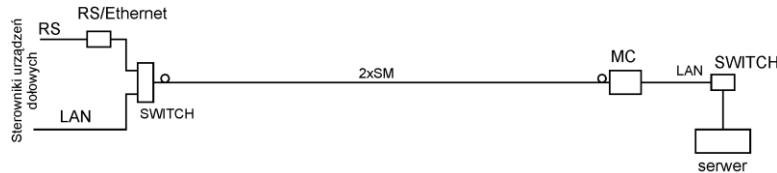
Rys. 4. Schemat blokowy transmisji sygnału analogowego z kamer w sieci światłowodowej



Rys. 5. Schemat blokowy transmisji sygnału z kamer IP w sieci światłowodowej
SM – włókno jednomodowe



Rys. 6. Schemat blokowy transmisji sygnału interfejsów RS urządzeń dołowych w jednym włóknie światłowodowym



Rys. 7. Schemat blokowy transmisji danych z urządzeń dołowych w sieci Ethernet

5.3. Transmisja sygnału interfejsów RS

Niektóre sterowniki układów automatyki, czy cyfrowe zabezpieczenia w polach rozdzielni 6 kV są wyposażone w interfejsy szeregowy do wymiany informacji z systemem wizualizacji. Transmisję danych z portów szeregowych można zrealizować z wykorzystaniem multiplekserów łączy RS232/485 z wyjściem światłowodowym (RS MUX). W dyspozycji przez zastosowanie serwerów portów szeregowych (Nport) sygnały z interfejsów szeregowych urządzeń dołowych są przykazywane po sieci komputerowej do serwerów systemów wizualizacji (rys. 6).

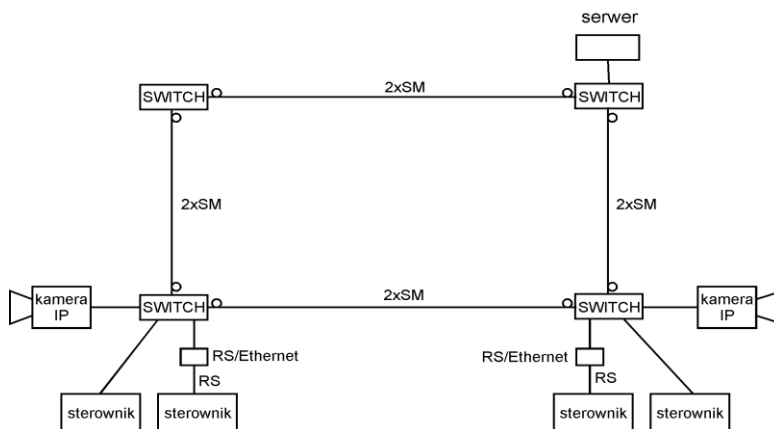
Tak zrealizowany system transmisyjny jest przezroczysty dla transmisji w łączy szeregowym. Zastosowany protokół transmisji w łączy szeregowym powinien zawierać mechanizmy kontroli poprawności transmisji (np. protokół Modbus RTU). Omawiany sposób transmisji przy zastosowaniu stacji ALFA pozwala na transmisję danych z 8 interfejsów szeregowych w jednym włóknie światłowodowym. W przypadku wielu urządzeń z interfejsem szeregowym RS mogą być zastosowane koncentratory.

5.4. Transmisja danych ze sterowników w sieci Ethernet

Dane z dołowych sterowników są wprowadzane do przełącznika Ethernet (switch) dołowej sieci komputerowej bezpośrednio (dla urządzeń z interfejsem Ethernet) lub przez konwerter RS/Ethernet (dla urządzeń z interfejsem RS232/485), co pokazano na rysunku 7.

5.5. Transmisja danych w sieci szkieletowej

Zastosowanie światłowodowej sieci szkieletowej zwiększa niezawodność transmisji. Sieć szkieletowa jest zbudowana z zarządzalnych przełączników (switch) i połączona liniami światłowodowymi o strukturze pierścienia (rys. 8) lub o bardziej rozbudowanych strukturach. Uszkodzenie linii światłowodowej pomiędzy przełącznikami sieci szkieletowej nie przerywa transmisji. Do przełączników sieci szkieletowej można dołączyć sterowniki urządzeń dołowych z interfejsami Ethernet czy innymi (np. RS232/485) za pośrednictwem stosownych konwerterów, a także kamery IP.



Rys. 8. Schemat blokowy transmisji danych z siecią szkieletową

Tabela 2

Charakterystyka sieci światłowodowych (Fo) w kopalniach JSW SA

Kopalnia	Ilość kabli Fo w szybach	Ilość kamer	Długość linii Fo	Liczba ścian z dostępem do sieci Fo	Uwagi, zasadnicze zastosowanie
Borynia	2	13	ok. 20 km	4	Monitoring rozdzielni głównej i odstawy, wizualizacja załadunku skipu, pompowni i kombajnów ścianowych (w trakcie realizacji).
Budryk	2	31	ok. 35 km	3	Najbardziej rozbudowana sieć Fo w kopalniach JSW, sieć ta jest rozprowadzona głównymi przekopami, jest doprowadzona do ścian na wszystkich poziomach.
Jas-Mos	1	11	ok. 5 km	1	Monitoring rozdzielni głównych poziomowych.
Krupiński	2	7	ok. 10 km	1	Monitoring odstawy głównej, sterowanie przenośnikami z wykorzystaniem sieci światłowodowej, wizualizacja pracy rozdzielni dołowych.
Pniówek	2	28	ok. 10 km	-	Wizualizacja pracy rozdzielni głównych poziomowych, na wszystkich poziomach w kopalni wykonano sieć szkieletową zgodnie z rys. 8. Światłowód łączy również szyby po powierzchni, sieć jest przygotowana do systemu identyfikacji osób.
Zofiówka	3	19	ok. 20 km	2	Sieć doprowadzona jest do wszystkich rozdzielni rejonowych oraz do stref zagrożonych tapaniami, monitoring odstawy.
Razem	12	109	100 km	12	

6. PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA SIECI ŚWIATŁOWODOWYCH W KOPALNIACH

W kopalniach sieci światłowodowe budowane są najczęściej kablami jednomodowymi 96-włóknowymi. Instalacje zrealizowane jako sieci wielomodowe ograniczają bowiem jej zasięg działania. Sieć światłowodowa na poziomy prowadzana jest już dwoma szybami. W tabeli 2 przedstawiono przykładową charakterystykę sieci światłowodowych eksploatowanych w kopalniach JSW SA. Spółka ta posiada najbardziej rozbudowane sieci światłowodowe w kopalniach węglowych [7].

Z tabeli 2 wynika, że najczęściej sieci światłowodowe wykorzystuje się do transmisji obrazów z kamer. W tabeli 3 przedstawiono lokalizację kamer w wyrobiskach na przykładzie kopalń JSW SA.

Tabela 3
Stan lokalizacja kamer telewizji przemysłowej w wyrobiskach dołowych kopalń JSW SA

Lokalizacja kamer	Razem
Podszybia szybów	9
Dworce osobowe i materiałowe	28
Odstawa urobku	30
Załadunek, rozładunek skipu	28
Rozdzielnie dołowe	12
Pompownie główne	2
Razem (dół)	109

7. WNIOSKI

Systemy światłowodowe stwarzają nowe możliwości w zakresie szybkiej komunikacji z aparaturą po-

miarową i sterownikami przemysłowymi, a przede wszystkim z urządzeniami zainstalowanymi w rozdzielniach elektroenergetycznych. Telewizja przemysłowa z wykorzystaniem kamer cyfrowych wielu ważnych punktów technologicznych daje dodatkowe możliwości w zakresie bezpiecznego sterowania i nadzoru procesu technologicznego kopalni. Zapis danych i obrazów ułatwia analizę zjawisk krytycznych, właściwą ich ocenę oraz podejmowanie prawidłowych decyzji.

Literatura

1. *Miśkiewicz K., Wojaczek A.*: Systemy radiokomunikacji z kablem promieniującym w kopalniach podziemnych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2010.
2. PN-EN 60079-28:2007. Atmosfery wybuchowe - Część 28; Ochrona sprzętu i systemów transmisji wykorzystujących promieniowanie optyczne.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 r. „w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych”. Dz.U. z 2002 r. nr 139, poz. 1169.
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30.04.2004 r. „w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych”. Dz.U. z 2004 r. nr 99, poz. 1003.
5. *Sobczyk J., Wojaczek A.*: Monitorowanie maszyn i urządzeń dołowych z wykorzystaniem systemu SMOk. Monografia pod red. A. Dyczko i A. Wojaczka pt.: „Systemy telekomunikacyjne, monitoring wizualizacja podziemnej eksploatacji złóż”. Wyd. Fundacja dla AGH. Kraków 2011.
6. *Timler M., Wojaczek A.*: Światłowodowe systemy teletransmisyjne w układach monitorowania procesów technologicznych kopalń. Monografia pod red. A. Dyczko i A. Wojaczka pt.: „Systemy telekomunikacyjne, monitoring wizualizacja podziemnej eksploatacji złóż”. Wyd. Fundacja dla AGH. Kraków 2011.
7. *Tor A., Dzierżęga J.*: Znaczenie monitoringu oraz identyfikacji pracowników dla poprawy bezpieczeństwa pracy i efektywności produkcji w kopalniach JSW. Monografia pod red. A. Dyczko i A. Wojaczka pt.: „Systemy telekomunikacyjne, monitoring wizualizacja podziemnej eksploatacji złóż”. Wyd. Fundacja dla AGH. Kraków 2011.