

## Współczesne urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej górniczych wyciągów szybowych

dr inż. Andrzej Figiel  
mgr inż. Marek Szczygieł  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

### Streszczenie:

Urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej są podstawowymi elementami górniczych wyciągów szybowych, umożliwiającymi skomunikowanie maszynistów maszyn wyciągowych z sygnalistami szybowymi, obsługującymi stanowiska sygnałowe w szybie. Poprawne i niezawodne działanie systemu sygnalizacji szybowej stanowi podstawę bezpiecznej eksploatacji górniczego wyciągu szybowego. Z kolei spełnienie wymagań odnośnie budowy jego podzespołów gwarantuje bezpieczeństwo eksploatacji w przestrzeniach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. W artykule przedstawiono współczesne koncepcje i konstrukcje urządzeń sygnalizacyjnych. Omówiono rodzaje pracy, pozwalające na optymalizację stosowania wyciągów szybowych w aspekcie procedury postępowania w sytuacjach awaryjnych. Oddzielnie zaprezentowano proces badania urządzeń sygnalizacji szybowych w celu sprawdzenia spełniania wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

### Abstract:

Signalling and shaft communication devices are the main components of mine shaft hoists, which enable communication between operators of hoisting machines and cage loaders at signalling stands in the shaft. Proper and reliable operation of shaft signalling system is a condition for safe operation of mine shaft hoist, as meeting the requirements regarding the design of its sub-systems guarantees safe operation in areas threatened by methane and/or coal dust explosion hazard. Present concepts and designs of signalling devices are given. Modes of operation enabling optimization of use of shaft hoists in the aspect of emergency procedure are discussed. Tests of the shaft signalling devices for checking their conformity with the requirements put to protective devices and systems intended to be used in areas threatened by explosion hazard are discussed separately.

Słowa kluczowe: górnictwo, wyciągi szybowe, sygnalizacja szybowa, ATEX

Keywords: mining industry, shaft hoists, shaft signalization, ATEX

## 1. Wstęp

Górnice wyciągi szybowe są jednymi z podstawowych obiektów zakładów górniczych. Realizują one funkcje transportu pionowego (jazda ludzi, ciągnięcie urobku, transport materiałów, urządzeń, narzędzi, transport pomocniczy).

Urządzenia sygnalizacji i łączności szybowej [w dalszej części artykułu nazywane urządzeniami sygnalizacji szybowej] są elementami niezbędnymi dla funkcjonowania górniczych wyciągów szybowych. W ostatnim okresie w sposób znaczący zmieniła się zarówno ich budowa, jak i realizowane przez nie funkcje. Odejście od stosowania przy ich konstruowaniu ujednoczonych rozwiązań i indywidualne dopuszczanie do stosowania w podziemnych zakładach górniczych, pozwoliło na budowę urządzeń sygnalizacji szybowej ściśle dostosowanych do specyfiki wyciągu szybowego. Zastosowanie przy budowie urządzeń sygnalizacji szybowej nowoczesnych rozwiązań, opartych o technikę cyfrową, z zastosowaniem swobodnie programowalnych sterowników PLC oraz urządzeń do bezprzewodowego przesyłania sygnałów z naczynia wyciągowego, umożliwia realizację nowych zadań w ruchu zakładu górniczego. Przedstawione w niniejszym artykule wymagania prawne i techniczne dla

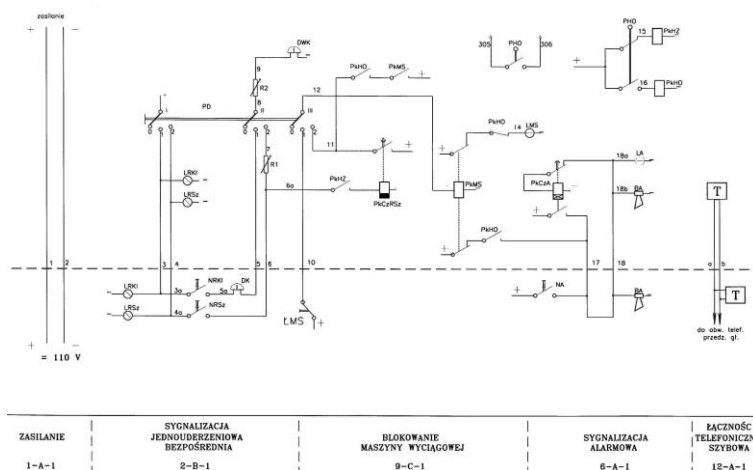
urządzeń sygnalizacji szybowej oraz przykładowe rozwiązania wdrożone w ostatnich latach mogą być pomocne przy planowaniu budowy tego typu urządzeń w zakładach górniczych oraz mogą przyczynić się do zastosowania nowatorskich rozwiązań [5, 6].

## 2. Urządzenia sygnalizacji szybowej z lat 70-tych

Urządzenia sygnalizacji szybowej zbudowane w latach 70-tych, były wykonywane zgodnie z zapisami § 650 „Szczegółowych przepisów prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny” z 1973 r. Stanowiły one, że rodzaje układów sygnalizacyjnych oraz szczegółowe wymagania stawiane elektrycznej sygnalizacji szybowej określają:

- 1) „Warunki techniczne budowy elektrycznych urządzeń sygnalizacji szybowej”,
- 2) „Album ujednoczonych układów sygnalizacji szybowej”, wydany przez Ministerstwo Górnictwa i Energetyki w porozumieniu z Wyższym Urzędem Górnictwem.

Na rysunku 1 przedstawiono przykład sygnalizacji szybowej wyciągu szybowego pomocniczego, awaryjno-rewizyjnego, zgodny z ówczesnymi wymaganiami, zbudowanej w technice stykowo-przełącznikowej.



Rys. 1. Przykładowe rozwiązanie urządzenia sygnalizacji szybowej z lat 70-tych [10]

Urządzenie było zasilane napięciem 110 V<sub>DC</sub> i składało się z obwodu sygnalizacji alarmowej, blokowania maszyny wyciągowej, sygnalizacji jednoudzerzeniowej bezpośredniej oraz łączności szybowej. Wszystkie podzespoły były zabudowane na powierzchni, a nadawanie sygnału wykonawczego z szybu odbywało się za pomocą stalowej linki rewizyjnej rozwiniętej w szybie.

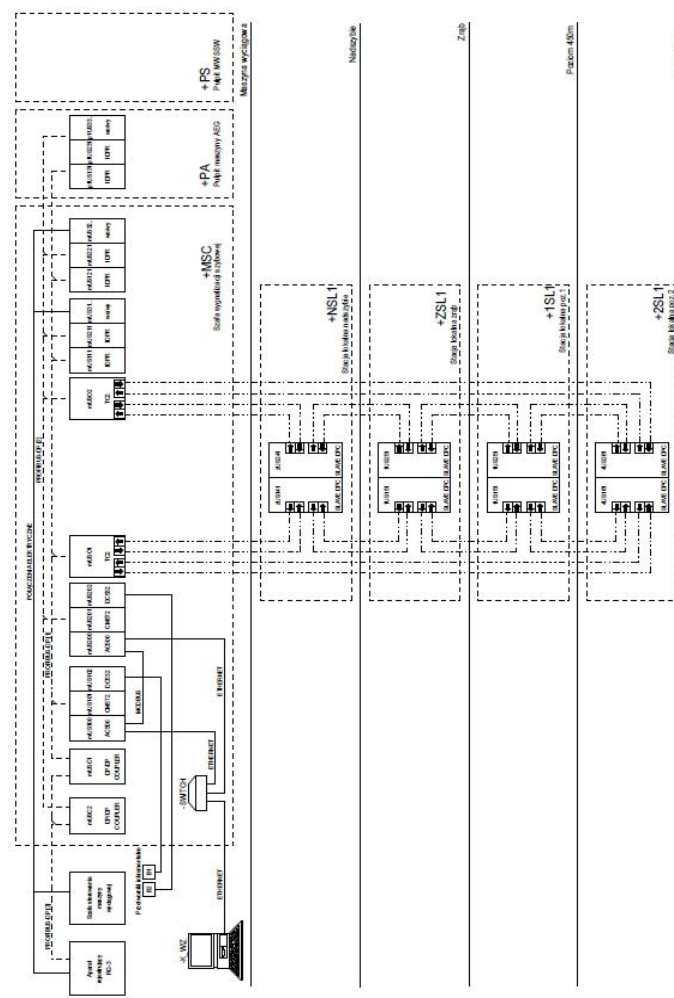
## 3. Aktualny stan prawny

Aktualne wymagania techniczne w zakresie urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej zawarto w załączniku nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 99, poz. 1003 z późn. zm.), w związku z art. 224 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2015 r., poz. 196 z późn. zm.). Z kolei wymagania dla elektrycznych urządzeń sygnalizacji szybowej zawarto w punktach 1.7.1-1.7.4 dla „urządzeń sygnalizacji szybowej”, a w pkt. 1.7.5 dla „urządzeń sterowniczo-sygnałowych” [1, 2, 3].

Należy zwrócić uwagę, iż jednoznaczny do niedawna podział na urządzenia sygnalizacji szybowej (USSz), dla wyciągów szybowych klatkowych i urządzenia sterowniczo-sygnałowe (US-S), dla wyciągów skipowych, był problematyczny. W urządzeniach sygnalizacji szybowej zaczęto bowiem stosować rozwiązania typowe dla urządzeń sterowniczo-sygnałowych. Jako przykład można podać tryb zdalnego uruchamiania przy rewizjach prowadzonych ze stałych stanowisk sygnalowych, rozszerzony o możliwość wykorzystania ruchomego stanowiska sygnalowego w naczyniu wyciągowym. Istniejący rozdział wymagań technicznych dla urządzeń USSz i US-S spowodował, iż producenci urządzeń sygnalizacji szybowej stanęli przed dużym wyzwaniem wobec wymagań określonych w wyżej wymienionych przepisach, często pozostających ze sobą w sprzeczności. Stąd naturalną stała się potrzeba zunifikowania wymagań technicznych dla „urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej”, bez utrzymywania sztucznego podziału na urządzenia USSz i US-S, co ułatwiłoby producentom opracowanie urządzeń, z wykorzystaniem pozytywnych cech obu rozwiązań, nie ograniczając jednocześnie postępu technicznego.

#### 4. Współczesne urządzenia sygnalizacji szybowej

Typowe rozwiązanie współczesnego urządzenia sygnalizacji szybowej przedstawiono na rysunku 2. Urządzenie zbudowano z zastosowaniem dwóch, swobodnie programowalnych sterowników PLC i modułów zdalnych, połączonych światłowodami.



Rys. 2. Topologia sieci komunikacyjnej współczesnego urządzenia sygnalizacji szybowej [10]

Sterowniki:

- podstawowy – master 1, w wydzielonej sieci PROFIBUS-DP(1), realizuje funkcje sterowania, zabezpieczeń oraz kontrolne, w zakresie nadzorowania pracy sterownika dodatkowego (kontrolnego),
- dodatkowy (kontrolny) – master 2, w wydzielonej sieci PROFIBUS-DP(2), realizuje funkcje alarmu, blokady oraz kontrolne, w zakresie nadzorowania pracy sterownika podstawowego.

Komunikacja sterowników PLC (podstawowego i kontrolnego) z modułami zdalnymi (nieprogramowalne iskrobezpieczne sterowniki ET2000Ex) zabudowanymi w stacjach lokalnych na nadszyciu, zrębie i na poziomach oraz z modułami we/wy w szafie sterowniczej i pulpicie sterowniczym, odbywa się poprzez dwie niezależne sieci PROFIBUS-DP(1) i PROFIBUS-DP(2).

Sterownik podstawowy realizuje pełny program urządzenia sygnalizacji szybowej, poprzez magistralę PROFIBUS-DP(1) odczytuje stany wejść i na ich podstawie generuje odpowiednie stany wyjść sygnalizacji optyczno-akustycznej.

Sterownik kontrolny jest uprawniony do odczytywania informacji o stanie wejść modułów wejściowych oraz modułów ET2000Ex, przez magistralę PROFIBUS-DP(2) i generuje stany wyjść alarmów oraz blokady poprzez moduł komunikacyjny mUS221.

Funkcje alarmów i blokady powtórzone dwukrotnie, w sterowniku podstawowym oraz sterowniku kontrolnym. Wygenerowanie sygnału blokady w którymkolwiek sterowniku powoduje zablokowanie maszyny po jej zahamowaniu.

Komunikacja sterowników podstawowego i kontrolnego z systemem wizualizacji odbywa się poprzez magistralę ETHERNET, natomiast pomiędzy sterownikiem podstawowym i kontrolnym poprzez magistralę RS-485, z protokołem MODBUS.



Rys. 3. Sterowniki PLC urządzenia sygnalizacji szybowej [10]

Sterowniki komunikują się ze zdalnymi modułami ET2000Ex poprzez pętlę światłowodową o strukturze „redundantnego pierścienia”. Umożliwia to nieprzerwaną poprawną pracę urządzenia w przypadku awarii odcinka światłowodu podstawowego lub rezerwowego, umożliwiając podjęcie ewentualnych działań naprawczych, bez przerywania pracy urządzenia sygnalizacji szybowej. Komunikacja pomiędzy sterownikiem podstawowym (master 1 – mUS100)

i modułami ET2000Ex oraz modułami sieciowymi IDPR odbywa się zgodnie z protokołem PROFIBUS-DP. Komunikacja pomiędzy sterownikiem dodatkowym (master 2 – mUS200) i modułami ET2000Ex oraz modułami sieciowymi IDPR odbywa się również zgodnie z protokołem PROFIBUS-DP, przy czym sterownik kontrolny uprawniony jest jedynie do odczytu stanu wejść modułów zdalnych.

Komunikacja jest nadzorowana zarówno w sterowniku podstawowym, jak i dodatkowym. Wykrywane są stany utraty transmisji z poszczególnymi jednostkami, jak i zawieszenia komunikacji pomiędzy nimi, utraty danych oraz brak ich odświeżania w wymaganym czasie.

Dla sprawdzania poprawności przebiegu pętli czasowej, stanów komunikacji oraz stanów diagnostycznych sprzętu, skonstruowano aplikację „programowy watchdog”.

Podstawowe funkcje realizowane przez USSz to:

- ustalenie rodzaju pracy wyciągu szybowego,
- zapowiedź żadanego rodzaju sterowania maszyny wyciągowej: „sterowanie ręczne” lub „sterowanie automatyczne” (ustalenie rodzaju sterowania dokonywane jest w maszynie wyciągowej),
- załączenie przez maszynistę wyciągowego rodzaju pracy „jazda ludzi” po uprzednim jego zapowiedzeniu przez sygnalistę,
- załączenie przez maszynistę wyciągowego rodzaju pracy „wydobycie (transport materiałów)”
- załączenie przez maszynistę wyciągowego rodzaju pracy „transport materiałów długich w klatce”
- prowadzenie „prac technologicznych” (remontowych),
- uprawnienie przez maszynistę wyciągowego stałych stanowisk rewizyjnych w szybie,
- uprawnienie stanowisk sygnałowych po dojeździe klatki w rejon danego stanowiska przy załączonych rodzajach pracy „jazda ludzi”, „wydobycie (transport materiałów)”, „transport materiałów długich w klatce” lub „prace technologiczne”
- prowadzenie rewizji szybu z wykorzystaniem urządzenia radiowego (w przypadku uszkodzenia urządzenia dojazd do najbliższego poziomu jest możliwy poprzez nadawanie sygnałów za pomocą linkowego nadajnika szybowego),
- jazda brygad szybowych z wykorzystaniem urządzenia radiowego, w trybie zdalnego uruchamiania,
- prowadzenie jazdy osobistej, z wykorzystaniem urządzenia radiowego (w przypadku jego uszkodzenia, kontynuacja cyklu jazdy jest możliwa po użyciu łącznika - ŁAJO, mostkującego odpowiednie sygnały w obwodach alarmu i blokad),
- blokowanie ruchu maszyny wyciągowej w stanie zahamowanym ze wszystkich stanowisk sygnałowych oraz po zatrzymaniu naczynia, przy jeździe osobistej i rewizji szybu do czasu nadania dwóch albo trzech sygnałów wykonawczych lub zadania kierunku w trybie zdalnego uruchamiania przy rewizji szybu,
- zablokowanie maszyny wyciągowej za pomocą łączników blokujących z poszczególnych stanowisk sygnałowych oraz podczas jazdy z wykorzystaniem ruchomego stanowiska w naczyniu wyciągowym,
- nadawanie sygnałów wykonawczych z uprawnionego stanowiska sygnałowego,

- nadawanie sygnałów wykonawczych z uprawnionego stałego stanowiska rewizyjnego,
- nadawanie sygnałów wykonawczych z urządzenia radiowego, przy jeździe osobistej albo rewizji szybu w sterowaniu ręcznym,
- nadawanie sygnałów sterowniczych z urządzenia radiowego podczas rewizji szybu w trybie zdalnego uruchamiania albo jeździe brygad szybowych,
- nadawanie sygnałów alarmowych z każdego stanowiska sygnałowego,
- nadawanie sygnałów alarmowych z urządzenia radiowego umieszczonego w naczyniu wyciągowym, podczas rewizji szybu albo jeździe osobistej,
- dwukierunkowa łączność foniczna pomiędzy maszynistą wyciągowym a obsługą poszczególnych stanowisk sygnałowych oraz obsługą stałych stanowisk sygnałowych między sobą, za pośrednictwem lokalnego systemu łączności telefonii szybowej,
- łączność foniczna pomiędzy maszynistą wyciągowym a obsługą znajdującą się w naczyniu wyciągowym, za pomocą urządzenia ECHO-S,
- współpraca z układem napędowym maszyny wyciągowej i urządzeniami przyszybowymi,
- sterowanie ryglowaniem wrót szybowych na nadszybiu, zrębie i poziomach,
- przekazywanie do sterowania maszyny wyciągowej stanów elementów zabezpieczeń krańcowych i korekcji regulatora jazdy (wykorzystanie obwodów iskrobezpiecznych sterowników ET2000Ex zabudowanych na stanowiskach sygnałowych),
- w szczególnych przypadkach, ruch górniczego wyciągu z ograniczoną prędkością, z pominięciem blokad pochodzących z urządzenia sygnalizacji szybowej.

Jako ruchome stanowisko sygnałowe zastosowano urządzenie do bezprzewodowej łączności i sygnalizacji ECHO-S, składające się z części stacjonarnej, zainstalowanej w maszynowni, z części przenośnej, włączanej w naczyniu (aparatury klatkowej) oraz elementów sprzęgających (pierścienie magnetyczne obejmujące linę wyciągową nośną, linę przewodniczo-nośną, przewodniczą bądź linkę antenową).

Urządzenie ECHO-S pozwala na przesłanie sygnałów sterowniczych w celu zdalnego uruchamiania i zatrzymywania maszyny wyciągowej, wraz z przyciskową regulacją prędkości w dozwolonych granicach albo nadawanie z naczynia wyciągowego sygnałów wykonawczych do maszynisty – maszyna wyciągowa jest wówczas sterowana ręcznie przez maszynistę wyciągowego. Po ustawieniu naczynia, otrzymaniu dyspozycji i załączeniu urządzenia bezprzewodowego sygnalista zgłasza zapowiedź rozpoczęcia rewizji za pomocą przycisku. Warunki uprawniające do nadania zapowiedzi to: obecność naczynia na zrębie szybu lub na przyszybiu, zahamowanie maszyny wyciągowej oraz gotowość do pracy urządzenia bezprzewodowego. Zapowiedź rewizji szybu wywołuje u maszynisty sygnał dzwonka oraz pulsowanie lamp LRSz. Potwierdzenie przez maszynistę zapowiedzi powoduje: załączenie sygnalizacji rewizji szybu, zablokowanie możliwości załączenia innego rodzaju pracy do czasu wyłączenia rewizji szybu oraz przygotowanie obwodu blokowania maszyny wyciągowej, który po otrzymaniu sygnału wykonawczego (dwa lub trzy uderzenia) albo w trybie zdalnego uruchamiania poprawnego kierunku do jazdy, odblokowuje maszynę na czas 6 sekund. Sygnał wykonawczy nadany za pomocą przycisku z urządzenia bezprzewodowego powoduje uruchomienie w maszynowni dzwonu wykonawczego. Kontrola liczby impulsów sygnału wykonawczego nadawanego z naczynia realizowana jest w sposób programowy w urządzeniu ECHO-S.

W przypadku prowadzenia rewizji szybu za pomocą urządzenia bezprzewodowego, zanik gotowości do pracy urządzenia radiowego wywołuje sygnał alarmowy.

Po przełączeniu sterowania maszyny wyciągowej w tryb zdalnego uruchamiania, można prowadzić rewizję szybu uruchamiając maszynę z naczynia wyciągowego. Możliwy jest wybór: kierunku jazdy, prędkości jazdy w przyjętych granicach (z progami prędkości  $V_1$ ,  $V_2$  i ewentualnie  $V_3$ ) oraz zatrzymanie ruchu maszyny. Po zakończeniu rewizji szybu sygnalista jej zakończenie zgłasza za pomocą przycisku na stanowisku sygnałowym. Potwierdzenie rezygnacji przez maszynistę za pomocą przycisku na stanowisku sterowniczym maszyny wyciągowej powoduje wyłączenie sygnalizacji rewizji szybu.

Urządzenie sygnalizacji szybowej wyposażono również w układ zdalnego uruchamiania maszyny podczas prowadzenia prac rewizyjnych. Umożliwia on odhamowanie i prowadzenie jazd powolnych maszyną bezpośrednio ze stanowiska, na którym prowadzona jest rewizja. Umożliwia to umożliwić uruchamianie maszyny wyciągowej ze stanowisk sygnałowych do prowadzenia rewizji np. kół linowych, liny nośnej czy naczynia wyciągowego. Na stanowiskach sygnałowych zainstalowano zespoły łączników, uprawniających stanowisko do uruchamiania maszyny oraz przyciski umożliwiające wybranie kierunku jazdy i zatrzymanie ruchu maszyny wyciągowej. Rewizję naczyń wyciągowych na zrębie szybu, w trybie zdalnego uruchamiania maszyny wyciągowej, zrealizowano tak, jak wcześniej opisane rewizje ze stałych stanowisk rewizyjnych, z tą różnicą, iż w tym rodzaju pracy nie zastosowano przyciskowej regulacji prędkości, a sygnalista dla wywołania ruchu naczynia wyciągowego winien stale naciskać przycisk kierunku. Zwolnienie przycisku kierunku jest równoważne z sygnałem „stop”. Rozwiązanie to poprawia bezpieczeństwo prowadzenia czynności kontrolnych na stanowisku rewizyjnym (zrąb), gdyż kontrola naczyń wyciągowych odbywa się przy ich przemieszczaniu przy otwartych wrotach szybowych. Stwarza to ryzyko pochwylenia rewidenta lub powstania innego negatywnego oddziaływania jadącego naczynia wyciągowego na człowieka.



Rys. 4. Stanowisko sygnałowe zbudowane w oparciu o stację lokalną ET2000 [10]

Podczas prowadzenia rewizji naczynia wyciągowego lub rewizji lin nośnych ze zrębu szybu następuje samoczynne zatrzymanie wyciągu, przy wyjściu ze strefy uprawnionej. Funkcja ta zapobiega wjechaniu naczynia wyciągowego w strefę wyłączników krańcowych oraz zapobiega powstaniu niebezpiecznej sytuacji, w przypadku zastosowania pomostów zabudowanych w szybie, dla potrzeb przeprowadzenia czynności kontrolnych.

W trybie zdalnego uruchamiania maszyna blokowana jest automatycznie, po każdym zatrzymaniu. Odblokowanie następuje dopiero po poprawnym nadaniu sygnału kierunku. W ten sposób zwiększono bezpieczeństwo podczas prowadzenia prac rewizyjnych poprzez samoczynne blokowanie maszyny wyciągowej w czasie postoju [7].

## 5. Nowe rodzaje pracy wyciągu szybowego i sygnalizacji szybowej

Zgodnie z zapisami pkt. 1.7.1.1÷1.7.1.3 załącznika nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów, urządzenie sygnalizacji szybowej winno umożliwiać ustalenie rodzaju pracy wyciągu szybowego, przy zastosowaniu sygnalizacji pośpiesznych, pomocniczych, automatycznych lub innych, stosownie do potrzeb [2].

Przykładem takiego rozwiązania jest rodzaj „prace szybowe”, stosowany przy wykonywaniu remontu obudowy i urządzeń w szybie, z zastosowaniem sygnalizacji jednouderzeniowej. Do nadawania sygnałów wykonawczych jest uprawnione ruchome stanowisko sygnałowe lub po rezygnacji, stałe stanowisko, w strefie którego znajduje się naczynie. Dozwolone jest przemieszczanie naczynia wyciągowego przy otwartych wrotach szybowych, pod warunkiem obecności naczynia wyciągowego w bezpiecznej strefie jazdy.

Główna, przewidywana funkcja wyciągu pomocniczego, awaryjno-rewizyjnego, tj. ewakuacja ludzi z naczyń wyciągowych awaryjnie unieruchomionych w szybie lub z poziomów, jest realizowana przy użyciu rodzaju pracy „jazda ewakuacyjna”. W tym rodzaju pracy wyciągu szybowego jest prowadzona ewakuacja załogi z naczynia przedziału głównego lub poziomu, z maksymalną prędkością jazdy 2 m/s. Do nadawania sygnałów wykonawczych jest uprawnione wówczas ruchome stanowisko sygnałowe w naczyniu wyciągowym lub stałe stanowisko sygnałowe na poziomie, na którym znajduje się naczynie. Rezygnację z korzystania z ruchomego stanowiska sygnałowego można dokonać tylko przy zahamowanej maszynie wyciągowej przełącznikiem z pulpitu maszyny wyciągowej, po wcześniejszej dyspozycji sygnalisty - rezygnacji z ruchomego stanowiska sygnałowego za pomocą przycisku na właściwym stanowisku stałym oraz spełnieniu warunku obecności naczynia wyciągowego na zrębie lub określonym poziomie.

Przy prowadzeniu jazdy ewakuacyjnej „z urządzeniem radiowym”, jest używane ruchome stanowisko sygnałowe w naczyniu. Po załączeniu jazdy ewakuacyjnej jest dezaktywowany alarm, wywoływany zestykiem przekaźnika kontroli stacji nawrotu lin wyrównawczych wyciągu podstawowego lub zestykiem przekaźnika alarmu.

Jazda ewakuacyjna „bez urządzenia radiowego” jest stosowana przy prowadzeniu ewakuacji ludzi z poziomów. Do nadania sygnałów wykonawczych wykorzystuje się wówczas sygnalizację jednouderzeniową bezpośrednią z danego stanowiska sygnałowego (poziom, zrąb). Jest ona uprawniona przy obecności naczynia w strefie stanowiska sygnałowego.

Innym, nowym rodzajem pracy jest „jazda remontowa”, która prowadzona jest przy zastosowaniu urządzenia ECHO-P, służącego do nadawania jednouderzeniowych sygnałów wykonawczych do maszynisty, przy ręcznym sterowaniu napędu maszyny wyciągowej. Jazda



remontowa jest przeznaczona do przejazdu z/do poziomów, wyłącznie dla osób wykonujących kontrolę wyciągu szybowego. Prędkość jazdy maszyny przy prowadzeniu jazdy remontowej wynosi do 2 m/s. Stosowane w tym rodzaju pracy wymagania techniczne odnośnie sygnalizacji szybowej są takie same, jak w przypadku realizacji sygnalizacji „jazdy osobistej” na wyciągach z jazdą ludzi. Rozwiązanie takie pozwala na szybki i bezpieczny wyjazd brygady szybowej po skończonej rewizji szybu wyciągiem pomocniczym (bez jazdy ludzi).

Rodzaj pracy „prace technologiczne” zaprojektowano do wykonywania czynności związanych z wymianą naczyń wyciągowych lub lin. Nieaktywne są wówczas blokady od otwartych wrót szybowych, w strefie obecności wybranego naczynia, w rejonie poziomu.

W rodzaju pracy „prace technologiczne” stosuje się sygnalizację jednoudzerzeniową bezpośrednią. Upewnienie stanowisk sygnałowych na poziomach następuje po załączeniu ww. rodzaju pracy, z uwzględnieniem stref wyznaczanych programowo, na podstawie położenia otrzymanego z cyfrowego regulatora jazdy. Strefa upewnienia jest uaktywniona, gdy wybrane naczynie wyciągowe znajduje się w obrębie danego stanowiska, co jest sygnalizowane zapaleniem lampki upewnienia stanowiska na danym poziomie.

Urządzenie sygnalizacji szybowej umożliwia coraz częściej nadawanie sygnałów wykonawczych do jazd windą frykcyjną, w czasie prowadzenia prac związanych z wymianą lin lub naczyń. Sygnały wykonawcze do jazdy windą są nadawane bezpośrednio z upewnionego stanowiska na zrębie lub poziomie. O upewnieniu danego stanowiska do nadawania sygnałów decyduje maszynista wyciągowy, przestawiając odpowiednio przełącznik wyboru stanowiska.

W rodzaju pracy „praca z windą” stosuje się sygnalizację jednoudzerzeniową bezpośrednią. Sygnały wykonawcze nadaje się z upewnionego stanowiska nadajnikiem NWk, który uruchamia sygnał dzwonu kontrolnego DK w miejscu nadania, a na stanowisku windy, sygnał dzwonu wykonawczego DWk. Sygnał dzwonu wykonawczego jest odtwarzany również na stanowisku maszynisty wyciągowego, w celu zapewnienia sprawnej koordynacji działań w czasie wykonywania prac technologicznych z windą frykcyjną.



Rys. 5. Stanowisko sygnałowe wraz z pulpitem sterowania urządzeniami przyszybowymi [10]

## 6. Sytuacje awaryjne

Zgodnie z zapisami pkt. 1.7.1.31 załącznika nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów:

- 1.7.1.31. *W układzie blokowania hamulca manewrowego maszyny wyciągowej powinna być przewidziana możliwość awaryjnego odblokowania hamulca manewrowego maszyny wyciągowej za pomocą przełącznika zabezpieczonego plombą. Awaryjne odblokowanie hamulca manewrowego maszyny wyciągowej powinno być sygnalizowane sygnałem optycznym z odpowiednim napisem w maszynowni, na głównych stanowiskach sygnałowych, stanowiskach sygnałowych poziomów oraz powinno ograniczyć prędkość jazdy do 2 m/s.*

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem, w razie stwierdzenia nieprawidłowej pracy obwodów blokady pochodzących od USSz, jest możliwość awaryjnego odblokowania maszyny wyciągowej za pomocą zabezpieczonego przełącznika obejścia blokad. Każdorazowo, po zahamowaniu maszyny, obwód awaryjnego odblokowania zostanie przerwany i konieczne będzie ponowne załączenie obejścia blokad. W przypadku załączenia awaryjnego obejścia blokad wyłączone zostaną lampki blokady oraz zapalone lampki awaryjnego obejścia na stanowiskach w szybie i na stanowisku sterowniczym maszyny wyciągowej.

Hamulca nie można awaryjnie odblokować za pomocą przełącznika obejścia w czasie rewizji szybu lub jazdy osobistej, gdy jest uprawnione ruchome stanowisko sygnałowe i uszkodzeniu ulegnie urządzenie radiowe. W przypadku rewizji szybu należy uprawnąć linkowy nadajnik szybowy. Czynność ta spowoduje obejście blokady, od niesprawnego urządzenia oraz umożliwia nadawanie sygnałów wykonawczych za pomocą linkowego nadajnika szybowego. Przy jeździe osobistej, w przypadku uszkodzenia urządzenia radiowego, należy załączyć awaryjną jazdę osobistą przełącznikiem pŁAJO. Czynność ta spowoduje obejście blokady, od niesprawnego urządzenia oraz umożliwi dokończenie przerwanej jazdy. W przypadku braku linki w szybie, są stosowane obejścia programowe.

Przedstawiony sposób spełnienia wymogu przepisów nie jest optymalnym rozwiązaniem w możliwych sytuacjach awaryjnych urządzenia sygnalizacji szybowej. Powoduje bowiem łączne wyłączenie wszystkich blokad pochodzących od urządzenia sygnalizacji szybowej, a więc pogarsza warunki bezpieczeństwa wyciągu szybowego. Sygnaliści szybowi tracą swoje podstawowe narzędzie do unieruchomienia wyciągu szybowego, gdy np. zbliżają się do naczynia wyciągowego. Żądane ograniczenie prędkości jest jedynie uciążliwością dla użytkownika i tylko pozornie zapewnia bezpieczeństwo. W razie ewakuacji ludzi z poziomów może być przyczyną znacznego wydłużenia czasu prowadzenia akcji. Takie rozwiązanie stosowano w „klasycznych” urządzeniach sygnalizacji szybowej. Obecne konstrukcje pozwalają jednak na znacznie sprawniejsze działanie. Oprogramowanie sterowników PLC może przewidywać „programową neutralizację” wybranych elementów układu blokowania maszyny wyciągowej, bądź sygnalizacji alarmowej. Po stwierdzeniu, że nie nastąpiła awaria funkcjonalna elementu wyciągu szybowego, lecz awaria osprzętu elektrycznego, np. łącznika kontrolującego dane urządzenie, można wyeliminować je z nadzoru układu blokowania maszyny wyciągowej. Wejście w ten tryb jest chronione, najczęściej hasłem i dostępne dla upoważnionych osób, a fakt zastosowania obejścia pojedynczego elementu zapisany w pliku logowania. Do czasu naprawy należy podjąć dodatkowe działania organizacyjne, np. ograniczyć jazdę do poziomu, gdzie powstało uszkodzenie, mechanicznie zablokować możliwość otwarcia wrót, których łącznik kontroli zamknięcia uległ uszkodzeniu, itd.

Należy podkreślić, iż w propozycji przepisów rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, zawarto następujący zapis:

- 3.26.4. *Jeżeli którykolwiek z układów lub elementów kontroli i zabezpieczenia ruchu maszyny wyciągowej nie działa lub działa wadliwie, maszynista maszyn wyciągowych zatrzymuje ją oraz powiadamia przełożonego. Ponowne uruchomienie maszyny wyciągowej następuje po usunięciu nieprawidłowości oraz uzyskaniu zgody przełożonego. Dopuszcza się wznowienie ruchu maszyny wyciągowej przy niesprawności danego elementu lub układu za zgodą i na warunkach określonych przez kierownika działu energomechanicznego przy zachowaniu bezpieczeństwa ruchu wyciągu szybowego.*

Wyposażenie urządzenia sygnalizacji szybowej w możliwość programowej eliminacji uszkodzonych elementów może być wykorzystane w trakcie usuwania stanów awaryjnych. Osoby dozoru ruchu zakładu górniczego mogą skupić się na działaniach organizacyjnych, zapewniających bezpieczeństwo ruchu wyciągu szybowego i osób korzystających z niego. Zbędne stają się „działania symulacyjne” czy pseudo-naprawy, stosowane dotychczas dla przywrócenia sprawności układu blokowania maszyny wyciągowej [9] i można w logiczny sposób przystąpić do naprawy. Podjęte działania organizacyjne, zapewniające bezpieczeństwo ruchu wyciągu szybowego, nie zawsze muszą oznaczać bezwzględny nakaz ograniczenia prędkości do wartości określonej w pkt. 1.7.1.31 załącznika nr 2 do rozporządzenia. Dokumentacja techniczno-ruchowa urządzenia sygnalizacji szybowej, opisując możliwe stany awaryjne, powinna zawierać informacje o konieczności podejmowania szczególnych środków bezpieczeństwa [8].

## **7. Wymagania dla urządzeń i systemów ochronnych użytkowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem**

Część podziemna urządzenia sygnalizacji szybowej pracuje zwykle w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Z tego powodu każde urządzenie elektryczne, jak również układ połączeń z częścią naziemną, tworzący iskrobezpieczny system sterowania i sygnalizacji, powinny spełniać zasadnicze wymagania określone w dyrektywie 94/9/WE ATEX oraz powinny być poddane odpowiednim procedurom oceny zgodności [4]. Wszystkie zasadnicze wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dyrektyw znajdują swoją szczegółową interpretację w normach zharmonizowanych i odnoszą się do etapów: projektowania, produkcji i kontroli wyrobów. Ich spełnienie, zgodnie z zasadą domniemania zgodności, umożliwia przyjęcia założenia, że wytworzony wyrób lub system jest zgodny z zasadniczymi wymaganiami dyrektyw. Projektant urządzenia sygnalizacji szybowej nie projektuje i nie wytwarza pojedynczych elementów jego wyposażenia elektrycznego. Jego zadaniem jest zapewnienie prawidłowego doboru urządzeń elektrycznych spośród dostępnych na rynku, biorąc pod uwagę wymagania funkcjonalne oraz wymagania bezpieczeństwa, zdeterminowane zagrożeniami związanymi z wyrobem oraz zagrożeniami występującymi w przewidywanym miejscu ich instalacji. Z tego powodu urządzenia przeznaczone do pracy w wyrobiskach górniczych, oprócz spełnienia wymagań technicznych stawianych wszystkim urządzeniom elektrycznym, powinny posiadać taki rodzaj zabezpieczenia, który wyeliminuje ryzyko zapłonu lub wybuchu gazu kopalnianego i/lub pyłu węglowego.

Każde urządzenie elektryczne zabudowane w strefie zagrożonej wybuchem, w rozumieniu PN-EN 60079-0:2013-03 (urządzenie elektryczne zawierające zarówno obwody o ograniczonej energii, jak i obwody, w których energia nie jest ograniczona i które jest skonstruowane tak, aby obwody, w których energia nie jest ograniczona, nie mogły niekorzystnie oddziaływać na obwody o ograniczonej energii), zabudowane poza strefą zagrożoną wybuchem, podlegają procedurom oceny zgodności określonym w dyrektywie 94/9/WE ATEX. Dowodem spełnienia

wymagań zasadniczych oraz poddania go odpowiednim procedurom oceny zgodności jest odpowiednie oznakowanie wyrobu (znak CE wraz z numerem jednostki notyfikowanej biorącej udział w ocenie procesu jego wytwarzania, oznakowanie zabezpieczenia przeciwwybuchowego), deklaracja zgodności WE powołująca się na certyfikat badania typu WE, wydany przez jednostkę notyfikowaną oceniającą wzorzec konstrukcyjny (typ) wyrobu.

Elementy wyposażenia elektrycznego urządzenia sygnalizacji szybowej, zabudowane w rurze szybowej, posiadają zazwyczaj jeden lub więcej rodzajów zabezpieczenia przeciwwybuchowego, zgodnych z normami zestawionymi w tabeli 1.

**Rodzaje stosowanego zabezpieczenia urządzeń grupy I (górnictwo)**

Tabela 1

Rodzaj zabezpieczenia /symbol		EPL	Norma
Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa "i"	ia	Ma	PN-EN 60079-11:2012
	ib	Mb	
Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych "d"	d	Mb	PN-EN 60079-1:2014-12
Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy wzmocnionej "e"	e	Mb	PN-EN 60079-7:2010
Zabezpieczenie urządzeń za pomocą hermetyzacji "m"	ma	Ma	PN-EN 60079-18:2015-12
	mb	Mb	
Zabezpieczenie za pomocą samoistnie bezpiecznego promieniowanie optycznego „op is”	op is	Ma Mb	PN-EN 60079-28:2015-12

W przypadku zastosowania urządzeń wytwarzających energię ultradźwiękową i elektromagnetyczną (źródła sygnałów o częstotliwościach radiowych 9 kHz do 60 GHz, radary impulsowe i inne źródła emisji, których impulsy są krótsze, w porównaniu z czasem indukcji zapłonu, lasery i inne źródła ciągłej emisji światła) jej poziom nie powinien przewyższać wartości określonych w PN-EN 60079-0:2013-03.

W przypadku zastosowania urządzeń iskrobezpiecznych ich układ połączeń powinien spełniać wymagania PN-EN 60079-25:2011 dla systemów iskrobezpiecznych. W ramach analizy iskrobezpieczeństwa sprawdza się:

- dobór urządzeń ze względu na grupę i kategorię,
- poziom zabezpieczenia obwodów iskrobezpiecznych („ia” lub „ib”),
- zastosowane rodzaje przewodów, w tym wielożyłowe (typu A lub typu B), z kilkoma obwodami iskrobezpiecznymi, ze względu na uszkodzenia pomiędzy żyłami,
- zakres dopuszczalnej temperatury pracy urządzeń,
- sposób wykonania połączeń obwodów iskrobezpiecznych oraz przewodów ochronnych,
- spełnienie warunków iskrobezpieczeństwa, na podstawie dopuszczalnych parametrów wyjściowych urządzeń zasilających, wejściowych urządzeń zasilanych oraz pojemności i indukcyjności przewodów prowadzonych pomiędzy nimi.

Wyniki oceny bezpieczeństwa przeciwwybuchowego są jednym z elementów oceny urządzenia sygnalizacji szybowej w ramach procedury dopuszczeniowej.

## 8. Podsumowanie

- Stosowane przy budowie urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej nowoczesne rozwiązania, oparte o technikę cyfrową, z zastosowaniem swobodnie programowalnych sterowników PLC oraz urządzeń do bezprzewodowego nadawania sygnałów z naczynia wyciągowego, umożliwiają realizację wymagań technicznych stawianych dotychczas wyciągom z jazdą ludzi.
- Wprowadzenie rodzaju pracy „jazda ewakuacyjna”, dla przeprowadzania ewakuacji załogi z naczyń awaryjnie unieruchomionych w szybie lub dla ewakuacji ludzi z wyrobisk, pozwala na wykonanie tych operacji bez konieczności wykorzystywania rodzaju pracy „rewizja szybu”. Umożliwia to zwiększenie prędkości naczyń w szybie do 2 m/s, co znacznie skraca czas ewakuacji.
- Wprowadzenie wymagań technicznych stawianych „jeździe osobistej”, w przedstawionym rodzaju pracy „jazda remontowa” (stosowana dla jazdy brygad szybowych), znacząco podnosi poziom bezpieczeństwa osób wykonujących czynności naprawcze i kontrolne w szybie. Celowym jest zatem prowadzenie w zakładach górniczych modernizacji wyciągów pomocniczych, szczególnie z wykorzystaniem rozwiązań i doświadczeń wynikających z przedstawionych przykładów.
- Na podkreślenie zasługuje dążenie do maksymalnego wykorzystania przez producentów możliwości technicznych, jakie daje stosowanie w budowie urządzeń sygnalizacji szybowej swobodnie programowalnych sterowników logicznych PLC oraz wykorzystanie rozbudowanych aplikacji wizualizacji ich stanów pracy.
- W najbliższej przyszłości należy oczekiwać kolejnych rozwiązań technicznych umożliwiających podnoszenie poziomu bezpieczeństwa eksploatacji wyciągów szybowych, w tym jednokońcowych wyciągów szybowych realizujących zadania wyciągów pomocniczych (awaryjno-rewizyjnych). Oczekiwane są też nowe rozwiązania urządzeń bezprzewodowej sygnalizacji i łączności szybowej, umożliwiające przekazanie znacznie większej liczby sygnałów z poruszającego się naczynia wyciągowego i zapewnienia monitoringu. Przykładem mogą być eksploatowane już systemy łączności szybowej, zrealizowane w oparciu o dane pozyskane z wykorzystaniem transmisji w standardzie wi-fi. System taki przekazuje rewidentom m.in. informacje o prędkości i położeniu naczynia wyciągowego w szybie, transmituje sygnały sterownicze i je zwrótnie potwierdza oraz umożliwia bezprzewodową łączność pomiędzy naczyniem wyciągowym a stanowiskiem sterowniczym maszyny wyciągowej, jak również cyfrową rejestrację i archiwizację pozyskanych danych.
- Dalsze podniesienie poziomu bezpieczeństwa pracowników wykonujących czynności kontrolne z naczyń wyciągowych można będzie uzyskać poprzez wykorzystanie w budowie urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej np. indywidualnych czujników aktywności, stosowanych dotychczas m.in. przez służby ratownicze (straż pożarna i inne), dla monitorowania aktywności życiowej osób pracujących w warunkach zagrożenia. Ich zastosowanie nie powinno stanowić dodatkowego utrudnienia dla pracownika, natomiast może zapewnić możliwość maksymalnie szybkiego powiadomienia otoczenia o powstałej sytuacji awaryjnej. Mógłby to być np. rodzaj „ergonomicznego czuwaka”, dającego osobie przebywającej w naczyniu wyciągowym pewność, iż w przypadku jej zasłabnięcia bądź zranienia, samoczynnie zostanie wywołany alarm, informujący pozostałą załogę o zaistnieniu potencjalnie niebezpiecznej sytuacji.

## Literatura

- [1] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2015 r. poz. 196, z późn. zm.).
- [2] Załącznik nr 1 pt.: „Wyroby, których stosowanie w zakładach górniczych wymaga, ze względu na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa ich użytkowania w warunkach zagrożeń występujących w ruchu zakładów górniczych, wydania dopuszczenia” do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 99, poz. 1003, z późn. zm.), w związku z art. 224 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze.
- [3] Załącznik nr 2 pt.: „Wymagania techniczne dla wyrobów, których stosowanie w zakładach górniczych wymaga, ze względu na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa ich użytkowania w warunkach zagrożeń występujących w ruchu zakładów górniczych, wydania dopuszczenia” do rozporządzenia jak wyżej.
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. Nr 263, poz. 2203).
- [5] Wojtowicz W., Zygmunt A.: Dekapitalizacja techniczna elementów wyciągów szybowych zagrożeniem bezpieczeństwa pracy. W: Transport Szybowy 96: Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Gliwice 8-10 październik 1996. T1. Gliwice: CMG KOMAG, 1996, s. 69-72.
- [6] Hansel J. i in.: Syntetyczna ocena poziomu technicznego i określenie kierunków modernizacji górniczych wyciągów szybowych eksploatowanych w Polsce. W: Metodyka kształtowania bezpieczeństwa transportu pionowego w polskich zakładach górniczych. Red. J. Hansel. Kraków: AGH. Zeszyty Naukowo-Techniczne AGH, 2007, z. 40, s. 84-105.
- [7] Kiercz M., Szczygieł M.: Zmiany w górniczych wyciągach szybowych w latach 2004-2007, przedmiotem badań kontrolnych odbiorczych Urzędu Górniczego do Badań Kontrolnych Urzędów Energomechanicznych. W: Problemy Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Polskim Górnictwie: X Konferencja. Mysłowice, 27-28 marzec 2008. Katowice: WUG, 2008, s. 121-127.
- [8] Hansel J.: Niezawodność i bezpieczeństwo systemów maszynowych transportu pionowego – wyniki wybranych prac naukowych Katedry Transportu Linowego AGH. W: Transport Szybowy 2007: IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Szczyrk 17-19 wrzesień 2007. T1. Gliwice: CMG KOMAG, 2007, s. 13-28.
- [9] Kiercz M., Szczygieł M.: Grawitacyjne opuszczanie nadwagi naczyń wyciągowych w przypadku awaryjnego zatrzymania ruchu maszyny wyciągowej górniczego wyciągu szybowego. W: Transport Szybowy: monografia. Red. Nauk. A. Klich, A. Kozieł. Gliwice: ITG KOMAG, 2009, s. 1-11.
- [10] Dokumentacja fotograficzna udostępniona przez firmy: MWM ELEKTRO Sp. z o.o. w Trzebinii.