

<https://doi.org/10.32056/KOMAG2019.3.1>

Badanie i ocena przewodów i kabli elektrycznych

Andrzej Figiel

Testing and assessment of electric cables

Streszczenie:

Przewody i kable elektryczne, optyczne i telekomunikacyjne, zanim zostaną wprowadzone do obrotu handlowego, podlegają ocenie za którą odpowiada ich producent. Użytkownik instalacji kablowych jest z kolei odpowiedzialny za prawidłowy dobór kabli i przewodów, ze względu na bezpieczeństwo osób użytkujących instalację. W artykule zaprezentowano wymagania dotyczące kabli i przewodów elektrycznych przeznaczonych do stosowania w podziemnych zakładach górniczych oraz zakres badań wymaganych podczas oceny dokonywanej przez ITG KOMAG.

Słowa kluczowe: kable elektryczne, instalacje kablowe, badania kabli

Keywords: electrical cables, cable installations, cable tests

Abstract:

Before being placed on the market, electrical, optical and telecommunication cables shall undergo an assessment under the responsibility of their manufacturer. The user of the cable systems is responsible for the correct selection of cables for the safety of the persons using the system. The article presents the requirements for electrical cables intended for use in underground mines and the scope of tests required during the assessment carried out by ITG KOMAG.

1. Wprowadzenie

Przydatność kabli i przewodów elektrycznych do wykorzystania w instalacjach elektrycznych wykonywanych w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych powinna być oceniona z uwzględnieniem wymagań ogólnych dla tego typu wyrobów oraz wymagań dodatkowych, wynikających ze specyficznych warunków środowiskowych występujących w miejscu ich docelowej pracy. Wymagania są zawarte w odpowiednich normach europejskich oraz normach i przepisach górniczych.

Laboratoria badawcze oraz jednostka certyfikująca Instytutu Techniki Górniczej KOMAG zapewniają kompleksową ocenę przewodów i kabli górniczych przed ich wprowadzeniem do obrotu handlowego oraz przez zastosowaniem w podziemnym zakładzie górniczym.

2. Wymagania dla kabli i przewodów przeznaczonych do stosowania w wyrobiskach zakładów górniczych

2.1. Wymagania podstawowe

Kable i przewody przeznaczone do pracy w wyrobiskach zakładów górniczych powinny charakteryzować się dużą odpornością na narażenia występujące w miejscu zainstalowania. Powinny zapewniać przede wszystkim bezawaryjną pracę, gwarantując w ten sposób wymaganą ciągłość zasilania, przy jednoczesnym ograniczeniu zagrożeń związanych z ich eksploatacją (porażenie elektryczne, wybuch, pożar).

Ze względu na coraz trudniejsze warunki występujące w eksploatowanych pokładach i związany z tym wzrost poziomu zagrożeń, a także coraz większe wymagania w zakresie niezawodności zasilania urządzeń i maszyn, kable górnicze powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- odpornością na typowe narażenia mechaniczne,
- ograniczeniem możliwości wydostania się na zewnątrz łuku elektrycznego w przypadku zwarcia w kablu,
- ograniczeniem zagrożenia porażeniem powodowanego przez uszkodzenie izolacji i dostęp do części przewodzących będących pod napięciem,
- łatwością wykonywania połączeń i zakończeń kabli,
- ograniczeniem zagrożenia pożarowego związanego ze stosowaniem kabli,
- możliwie dużą giętkością i masą własną.

Osiągnięcie powyższych cech jest możliwe poprzez zastosowanie:

- żył miedzianych wielodrutowych,
- izolacji z polietylenu usieciowanego, ewentualnie z polwinitu,
- ekranów indywidualnych na izolacji każdej żyły roboczej,
- pancerza z drutów stalowych ocynkowanych lub taśmy stalowe,
- zewnętrznej osłony antykorozyjnej z polwinitu o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie płomienia.

Osobną grupę stanowią górnicze przewody oponowe przeznaczone do zasilania odbiorników ruchomych i ręcznych, dla których wymaga się, aby zapewniały wysoką odporność mechaniczną, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej giętkości. Przewody oponowe należą do elementów sieci elektroenergetycznej o największym narażeniu na uszkodzenia mechaniczne, jednocześnie ograniczona jest możliwość stosowania w ich konstrukcji elementów zwiększających wytrzymałość. Tak jak wszystkie przewody górnicze, dodatkowo powinny mieć konstrukcję ograniczającą ryzyko porażenia i wybuchu.

2.2 Wymagania techniczne dotyczące kabli i przewodów górniczych zawarte w przepisach i normach

Wymagania techniczne dotyczące kabli i przewodów, wynikające ze specyfiki warunków środowiskowych występujących w podziemnych zakładach górniczych, są określone w krajowych przepisach górniczych [1].

Zgodnie z nimi:

- w sieciach i instalacjach elektroenergetycznych eksploatowanych w wyrobiskach zaliczonych do stopnia „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu stosuje się kable i przewody ekranowane (§ 738 rozporządzenia [1]),
- w instalacjach elektrycznych stosuje się kable lub przewody oponowe, których osłony ochronne i opony zewnętrzne są trudno zapalne i samogasnące oraz mają żyły miedziane (pkt 5.1.3 Załącznika 4 rozporządzenia [1]),

- w instalacjach średniego napięcia w przypadku, gdy stosowane kable lub przewody nie mają żyły ochronnej, przewód ochronny prowadzi się jako zewnętrzny (pkt 5.1.4 Załącznika 4 rozporządzenia [1]),
- do zasilania maszyn ręcznych, ruchomych lub innych podlegających wstrząsom lub wibracjom stosuje się przewody oponowe ekranowane (pkt 5.3.5 Załącznika 4 rozporządzenia [1]),
- przekrój żył kabli i przewodów, stosowanych w instalacjach elektroenergetycznych o napięciu znamionowym 127 V i większym, nie powinien być mniejszy od 2,5 mm² (pkt 5.3.8 Załącznika 4 rozporządzenia [1]),
- w instalacjach maszyn ręcznych i ruchomych stosuje się kable i przewody oponowe ekranowane oraz automatyczną kontrolę ciągłości przewodów ochronnych, powodującą przerwanie obwodów sterowania tych maszyn (pkt 5.7.1 Załącznika 4 rozporządzenia [1]).

Wymagania dotyczące przewodów i kabli zawarto również w normach górniczych, dotyczących wyposażenia elektrycznego maszyn (PN-G-50001:2002 [2]), obciążalności prądowej długotrwałej (PN-G-42060:1997 [3]), osłon ochronnych i panczerzy kabli elektrycznych (PN-E-90163:1990 [4], traktowana jako zasady techniki), opony zewnętrznej przewodów oponowych do górniczych odbiorników ruchomych i przenośnych (PN-E-90140:1989 [5], traktowana jako zasady techniki).

Wymagania ujęte w ww. normach górniczych, ze względu na brak ich aktualizacji, odnoszą się do stanu wiedzy technicznej sprzed kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu lat.

Z tego powodu, kable i przewody górnicze, oprócz wymagań przepisów górniczych, powinny spełniać wymagania:

- rozporządzenia Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 21 grudnia 2016 r. [6], które implementuje postanowienia Dyrektywy RoHS 2011/65/UE (tzw. RoHS III), która obowiązuje producentów sprzętu elektrycznego i elektronicznego do ograniczania wykorzystania substancji, mogących negatywnie oddziaływać na środowisko w okresie jego użytkowania oraz po jego zużyciu, do których należą: ołów, rtęć, kadm, sześciowartościowy chrom polibromowane bifenylole PBB i polibromowane etery difenylole PBDE, ftalan di(2-etyloheksylu) (DEHP), ftalan benzylu butylu (BBP), ftalan dibutylu (DBP), ftalan diizobutylu (DIBP), heksabromocykłododekan HBCD,
- norm:
 - PN-EN 60204-1:2018-12 [7] - dotyczącej wytrzymałości mechanicznej, izolacji, obciążalności prądowej długotrwałej, elastyczności (giętkości),
 - PN-EN 60332-1-2:2010/A1:2016-02 [8] - zawierającej opis badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych, polegającego na sprawdzeniu odporności na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla,
 - PN-EN ISO 4589-2:2017-06 [9] - określającej zdolność do podtrzymywania płomienia na podstawie wskaźnika tlenowego zewnętrznej osłony ochronnej przewodu (wskaźnik tlenowy WT jest to najmniejsza wyrażona w procentach objętościowych zawartość tlenu w mieszaninie tlenu i azotu, która

w warunkach metody badań podtrzymuje stałe palenie się badanej próbki tworzywa). W zależności od wartości wskaźnika tlenowego, tworzywo sztuczne z którego jest wykonana zewnętrzna osłona ochronna przewodu (opona) uważa się za:

- palne, gdy wskaźnik tlenowy $WT < 21 \%$,
- samogasnące gdy wskaźnik tlenowy $21 \% < WT < 28 \%$,
- niepalne, gdy wskaźnik tlenowy $28 \% < WT < 100 \%$.

2.3. Wymagania dotyczące kabli stosowanych w systemach iskrobezpiecznych

Kable i przewody przeznaczone do stosowania w obwodach iskrobezpiecznych powinny spełniać wymagania normy:

- PN-EN 50303:2004 [10], dotyczącej kabli i przewodów mających więcej niż jeden obwód iskrobezpieczny kategorii „ia”,
- PN-EN 60079-25:2011 [11], dotyczącej budowy, izolacji, parametrów elektrycznych, sposobu ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi, w tym kabli i przewodów wielożyłowych.

Zgodnie z normą PN-EN 60079-25:2011 średnice pojedynczych drutów lub drutów przewodów linkowych w przestrzeniach zagrożonych nie powinny być mniejsze niż 0,1 mm.

W obwodach iskrobezpiecznych mogą być stosowane tylko izolowane kable lub przewody o izolacji zdolnej wytrzymać próbę wytrzymałości elektrycznej napięciem przemiennym co najmniej 500 V lub napięciem stałym 750 V.

W przypadku stosowania kabli lub przewodów wielożyłowych promieniowa grubość izolacji każdej żyły powinna być odpowiednia do średnicy żyły oraz właściwości fizycznych izolacji i wynosić minimum 0,2 mm. Kable lub przewody wielożyłowe powinny uzyskać pozytywny wynik próby wytrzymałości elektrycznej napięciem co najmniej:

- 500 V wartości skutecznej napięcia przemiennego lub 750 V napięcia stałego między pancierzem i/lub ekranem (ekranami) połączonymi razem a wszystkimi żyłami również połączonymi razem,
- 1000 V wartości skutecznej napięcia przemiennego lub 1500 V napięcia stałego między wiązką obejmującą połowę żył kabla lub przewodu połączonych razem a wiązką obejmującą drugą połowę żył połączonych razem. Próba ta nie ma zastosowania do kabli lub przewodów wielożyłowych z przewodzącymi ekranami poszczególnych obwodów.

Próba wytrzymałości elektrycznej powinna być wykonana zgodnie z odpowiednią normą dotyczącą kabli lub przewodów lub zgodnie z PN-EN 60079-11:2012 [11].

Wielożyłowe kable lub przewody zawierające obwody zaliczone do poziomu zabezpieczenia „ia”, „ib” lub „ic” nie powinny zawierać obwodów nieiskrobezpiecznych. W normie PN-EN 60079-25:2011 rozróżnia się trzy rodzaje kabli/przewodów wielożyłowych (rodzaju A, B i C). Wymagania dla poszczególnych rodzajów kabli/przewodów wielożyłowych przedstawiono w tabeli 1 [12].

**Wymagania dla poszczególnych rodzajów kabli/przewodów wielożyłowych
(opracowano na podstawie PN-EN 60079-25:2011)[12]**

Tabela 1

Rodzaj kabla wielożyłowego	Budowa żył	Izolacja	Ekran przewodzący	Dodatkowe wymagania	Analiza uszkodzeń
A	Średnice pojedynczych drutów lub drutów przewodów linkowych $\geq 0,1$ mm	Grubość izolacji $\geq 0,2$ mm Próba wytrzymałości elektr. izolacji:	ekrany przewodzące indywidualne każdego obwodu (pokrycie $\geq 60\%$ powierzchni)		Nie uwzględnia się
B		ekran/pancerz – wiązka żył ≥ 500 V AC ≥ 750 V DC pomiędzy dwoma wiązkami żył ≥ 1000 V AC ≥ 1500 V DC		Instalacja stała, skutecznie ochroniona przed uszkodzeniami mechanicznymi	Nie uwzględnia się jeżeli brak obwodu o $U_0 > 60$ V
C					dwa zwarcia żył, cztery przerwy

3. Możliwości badawcze laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Możliwości badawcze Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej w pełni umożliwiają przeprowadzenie badań zgodnie z normami, które należy stosować przy ocenie przydatności kabli i przewodów elektrycznych do stosowania w zakładach górniczych. Większość badań wykonują akredytowane laboratoria badawcze, wchodzące w skład instytutu KOMAG: Laboratorium Badań Stosowanych (certyfikat akredytacji AB 665) oraz Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska (certyfikat akredytacji AB 910)

Akredytowane laboratoria instytutu posiadają kompetencje i odpowiednie wyposażenie do przeprowadzenia badań w następującym zakresie:

- sprawdzenie konstrukcji i wymiarów geometrycznych (grubość izolacji, przekrój żył),
- badanie wytrzymałości elektrycznej izolacji,
- pomiar parametrów elektrycznych kabli i przewodów (pojemność, indukcyjność, rezystancja),
- badanie palności kabli i przewodów,
- określenia zawartości niebezpiecznych substancji określonych w rozporządzeniu Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 21 grudnia 2016 r. [6], które implementuje postanowienia Dyrektywy RoHS 2011/65/UE (tzw. RoHS III).

Wyznaczenie wskaźnika tlenowego realizuje laboratorium, będące podwykonawcą Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej.

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wymagania techniczne, jakie powinny spełniać kable i przewody przeznaczone do stosowania w zakładach górniczych. Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca na podstawie wyników badań dokonuje oceny i potwierdza możliwość stosowania kabli i przewodów w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych. Zakres wymaganych badań, w zależności od przeznaczenia kabli i przewodów elektrycznych, jest różny. Większość badań należy jednak przeprowadzić dla każdego rodzaju i typu kabli i przewodów (badania dotyczące budowy, izolacji, trudnopalności, zawartości substancji niebezpiecznych). Możliwości badawcze Instytutu KOMAG są wystarczające do przeprowadzenia kompleksowych badań i oceny kabli i przewodów górniczych.

Producenci kabli i przewodów mogą poddać produkowane przez siebie wyroby badaniom i ocenie w jednym miejscu, w odniesieniu do norm krajowych i europejskich, przepisów górniczych oraz przepisów dotyczących niebezpiecznych substancji.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 r., poz. 1118).
- [2] PN-G-50001:2002 Ochrona pracy w górnictwie. Wyposażenie elektryczne maszyn górniczych. Wymagania ogólne.
- [3] PN-G-42060:1997 Elektroenergetyka kopalniana. Obciążalność przewodów oponowych i kabli stosowanych w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
- [4] PN-E-90163:1990 Osłony ochronne i pancerze kabli elektrycznych
- [5] PN-E-90140:1989 Przewody elektroenergetyczne o izolacji i oponie gumowej do górniczych odbiorników ruchomych i przenośnych. Wymagania i badania
- [6] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 21 grudnia 2016 r. w sprawie zasadniczych wymagań dotyczących ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. 2017 r., poz. 7 z późn. zmianami).
- [7] PN-EN 60204-1:2018-12 Bezpieczeństwo maszyn. Wyposażenie elektryczne maszyn. Część 1: Wymagania ogólne.
- [8] PN-EN 60332-1-2:2010 Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Część 1-2: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia. Metoda badania płomieniem mieszkankowym 1 kW
- [9] PN-EN ISO 4589-2:2017-06 Tworzywa sztuczne. Oznaczanie zapalności metodą wskaźnika tlenowego. Część 2: Badanie w temperaturze pokojowej
- [10] PN-EN 50303:2004 Urządzenia grupy I kategorii M1 przeznaczone do pracy ciągłej w atmosferach zagrożonych metanem i/lub pyłem węglowym
- [11] PN-EN 60079-25:2011 Atmosfery wybuchowe. Część 25: Systemy iskrobezpieczne

- [12] Figiel A. Wymagania dotyczące zapewnienia iskrobezpieczeństwa systemów sterowania. *Maszyny Górnicze* 2016 nr 3 (147), str. 45-53

dr inż. Andrzej Figiel
afigiel@komag.eu

Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Czy wiesz, że

... firma JÖST GmbH posiada w swej ofercie szeroką gamę nowoczesnych przesiewaczy. Do najnowszych należy przesiewacz OSCILLA o konstrukcji typu flip-flow. Urządzenie znajduje zastosowanie przede wszystkim przy przesiewaniu materiałów łatwo sklejających się, które wykazują skłonność do szybkiego zapychania oczek pokładów sitowych, a więc przy materiałach trudno przesiewalnych, materiałach niejednorodnych, takich jak odpady komunalne, odpady przemysłowe i paliwa alternatywne oraz szczególnie tam, gdzie mają być przesiewane materiały o wysokiej zawartości wilgoci. Przesiewacze OSCILLA stosuje się również w przesiewaniu m.in. żużli oraz odpadów uprzednio rozdrobnionych mechanicznie. Bardzo dobre efekty uzyskuje się także przy przesiewaniu węgla, koksu oraz piasków trudno przesiewalnych, wykazujących skłonności do sklejania się. Przesiewacze OSCILLA są rezonansowymi systemami dwumasowymi. Jeden element stanowi korpus przesiewacza, a drugi rama znajdująca się wewnątrz przesiewacza. Zasada ich działania bazuje na drganiach o ruchu kołowym korpusu, wywołanych wirowaniem mas niewyważonych. Ruch ten jest zamieniany na względny ruch prostoliniowy ramy wewnętrznej. Zaletą systemu OSCILLA jest możliwość szerokiego spektrum stosowania. W przypadku konieczności przesiewania na tej samej maszynie materiałów znacznie różniących się własnościami, możliwa jest prosta i łatwa regulacja systemu sprężyn. Kolejną zaletą jest stosunkowo niewielka wysokość zabudowy, z uwagi na relatywnie płaską konstrukcję maszyny.

AT Mineral Processing 2019 nr 7-8 s.6-7