



Waldemar JASKÓŁOWSKI¹, Ryszard CHYBOWSKI², Mariusz KWIATKOWSKI³

Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Katedra Podstaw Rozwoju i Gaszenia Pożarów (1)
Katedra Rozpoznawania Zagrożeń (2), Technokabel S.A (3)

Analiza porównawcza rozprzestrzeniania płomienia przez nowoczesne przewody elektryczne

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań przewodów elektrycznych na rozprzestrzenianie płomieni. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu znormalizowanej metody badawczej opisanej w normie PN-89/E-04160/55 metoda V.

Abstract. (Comparative analysis of flame propagation on modern electric cables). Test results to relating to flame retardants used for protecting cable runs were presented. The tests were carried out using standard testing equipment according to PN-89/E-04160/55 method V.

Słowa kluczowe: przewód elektryczny, palność, rozprzestrzenianie się płomienia
Keywords: electric cable, combustibility, flame propagation

Wstęp

Urządzenia i instalacje elektroenergetyczne często występują w przemyśle, budownictwie mieszkaniowym i budynkach użyteczności publicznej, co powoduje, że częstotliwość pożarów będących wynikiem pożarów od instalacji elektrycznych jest bardzo duża. Kable elektryczne mogą być same dla siebie źródłem zapalenia będącego wynikiem m.in., zwarcia, przypadkowych iskier i łuków elektrycznych. Znaczenie częściej zapalenie kabli elektrycznych jest zjawiskiem wtórnym od przemysłowych inicjatorów spalania. Dane statystyczne wskazują, że w 2003 r. na ogólną liczbę ponad 200 tys. pożarów 5094 pożary były spowodowane instalacjami, względnie urządzeniami elektrycznymi [1]. Bezpieczeństwo pożarowe jest jednym z podstawowych wymagań stawianych przez właściwe przepisy obiektom budowlanym, szczególnie zaliczanym do kategorii zagrożenia ludzi. Stanowisko to znalazło swoje odzwierciedlenie w dyrektywie Unii Europejskiej 89/106/EEC [2], opublikowanej w grudniu 1988 r. W przedmiotowym dokumencie zapisano, że jakość materiałów i wyrobów wprowadzanych na rynek powinna być taka, aby dobrze zaprojektowany i wykonany budynek mógł spełniać tzw. „wymagania podstawowe”. Są to: nośność i stateczność, bezpieczeństwo pożarowe, higiena i zdrowie, bezpieczeństwo użytkowania, ochrona przed hałasem, oszczędność energii i zachowanie ciepła. Zatem każdy inwestor powinien pamiętać i dokonać właściwej analizy w obszarze instalacji elektrycznych, czyli dokonać oceny zagrożenia pożarowego, którego celem jest:

- zmniejszenie ryzyka pożaru zainicjowanego wskutek wadliwie działającej instalacji elektrycznej,
- ograniczenie do minimum skutków pożaru spowodowanych wydzielaniem ciepła, dymu i produktów toksycznych, co w rezultacie powoduje opóźnienie warunków krytycznych w warunkach potencjalnego pożaru,
- ograniczenie rozprzestrzeniania się płomienia po pojedynczych przewodach i wiązkach.

W ocenie zagrożenia pożarowego należy wykorzystywać możliwie szeroki wachlarz danych obejmujących [3]:

1. Wyniki badań z prób eksperymentalnych obejmujących badania w zarówno w małej, jak i w pełnej skali.

2. Dane statystyczne, względnie ekspertyzy odnoszące się do pożarów materiałów o podobnej konstrukcji i przeznaczeniu.

3. Udokumentowane oceny ekspertów.

Jeśli jest to możliwe wykonanie badań eksperymentalnych powinno być wykonane na wyrobach końcowych i w warunkach cieplnych symulujących środowisko pożarowe (w pełnej skali).

Metody badawcze, którym poddawane są przewody elektryczne można podzielić na [3]:

1. Symulujące pożar. Celem tych badań jest analiza i ocena zachowania się przewodów w warunkach maksymalnie odzwierciedlające środowisko pożarowe. Próby takie umożliwiają oszacowanie odpowiednich aspektów zagrożenia pożarowego związanych z eksploatacją kabli elektrycznych.
2. Reakcji na ogień. Próby te stosuje się do sprawdzenia reakcji na ogień znormalizowanych próbek w określonych warunkach badań. Są one stosowane przede wszystkim w celu uzyskania danych dotyczących własności, takich jak: zapalność, szybkość rozprzestrzeniania się płomieni, zdolność do tworzenia dymu podczas spalania, szybkość wydzielania ciepła, korozyjność.
3. Podstawowych właściwości palnych, tj. ciepła spalania netto, brutto, temperatury topnienia, temperatury samozapłonu, zapłonu gazowych produktów rozkładu termicznego, a także temperatury początku rozkładu termicznego.

Współczesne metody eksperymentalne obejmujące badania w zakresie rozprzestrzeniania się płomienia jak stwierdzono powyżej można zaliczyć do metod badawczych w zakresie reakcji na ogień i podzielić na dwa rodzaje badań: dla pojedynczego przewodu i wiązki.

W PN-EN 60332-1-1:2005 [4] opisano aparaturę umożliwiającą badania, które przeprowadza się dla pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla o długości 600 ± 25 mm na pionowe rozprzestrzenianie płomienia. Według PN-EN 60332-1-2 [5] wykorzystuje się płomień mieszkankowy 1 kW, a w PN-EN 60332-2-2 [6] płomień palnika dyfuzyjnego. Do pionowo umocowanego kabla przykładana się znormalizowane źródło promieniowania cieplnego przez określony w normie czas.

Normy nie zawierają ściśle określonej klasyfikacji w zależności od wyników badania. Zaleca się podawanie wymagań dotyczących poszczególnych typów lub poszczególnych klas izolowanych przewodów i kabli w wymaganiach norm wyrobu. Jednak w przypadku braku takiego wymagania zaleca się stosowanie podanych niżej kryteriów jako minimalnego poziomu akceptacji:

- żyła izolowana lub przewód spełnia wymagania normy, jeśli odległość między dolną krawędzią górnego uchwytu a granicą zwęglenia jest większa niż 50 mm.
- próbka nie spełnia wymagań, jeżeli palenie przenosi się w dół próbki do miejsca leżącego w odległości większej niż 540 mm od dolnej krawędzi górnego uchwytu.

Celem prezentowanego referatu jest przedstawienie:

- jednej z alternatywnych metod coraz rzadziej wykorzystywanych do badania rozprzestrzeniania płomieni po przewodach elektrycznych,
- wyników badań wybranych przewodów o zastosowaniu: telekomunikacyjnym i elektroenergetycznym.

Wykaz typów przewodów i kabli wykorzystanych do badań przedstawiono w tabeli 1.

Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone wg Polskiej Normy [7]. Widok stanowiska przedstawiono na rysunku 1. Umożliwia ono badanie rozprzestrzeniania się płomieni po przewodach elektrycznych bez wysokich nakładów finansowych. Zasadniczym elementem stanowiska jest cylindryczny piec elektryczny, który służy do ogrzewania odcinka przewodu. Kominek wykorzystuje się do ogrzewania części przewodu niebędącej w piecu. Na powierzchni zamontowano dwa palniki gazowe inicjujące spalanie płomieniowe przewodu.

Przed rozpoczęciem badania piec wyskalowano zgodnie z wymaganiami normy. Temperatura w środku pieca osiągnęła wartość 300°C, w czasie 16 minut.

Przed przystąpieniem do właściwych badań, do każdego odcinka o długości 130 cm montowano termoparę w taki sposób, aby po jego umieszczeniu w kominku i piecu była ona usytuowana w środku pieca.



Rys.1. Widok stanowiska badawczego wg PN 89/E-04160/55
1- kominek, 2- palnik gazowy, 3- piec elektryczny

Umieszczony symetrycznie w kominku i piecu odcinek przewodu był poddawany oddziaływaniu strumienia cieplnego. Zmiany temperatury rejestrowano za pomocą termopary umieszczonej na badanym odcinku przewodu. Zaobserwowano, że wzrost temperatury jest jednostajny. Po osiągnięciu temperatury 300°C odłączano napięcie zasilające i inicjowano zapłon próbki przewodu. Czynnikiem inicjującym były dwa palniki gazowe umieszczone w górnej części pieca. Czas oddziaływania źródeł ciepła wynosił 10 s. Po zakończeniu spalania płomieniowego utrzymywano próbki w piecu do czasu zaniku oznak palenia, tzn. braku płomieni oraz widocznych oznak dymienia. Czas trwania pomiaru uzależniony był od intensywności spalania badanego przewodu. Badaniom poddano przewody obecnie produkowane i dostępne na rynku polskim.

Analiza wyników badań

Na szybkość rozprzestrzeniania płomieni po przewodach elektrycznych decydujący wpływ ma materiał, z którego wykonana jest powłoka. Należy podkreślić, że ze względu na tajemnicę handlową skład wielu powłok nie jest znany. Zawierają one wiele różnorodnych dodatków polepszających właściwości pożarowe przewodów.

Zastosowana metoda badawcza mimo podstawowej zalety w postaci niskich kosztów ma również wady. Niewątpliwie podstawową wadą metody jest brak możliwości precyzyjnego ustalenia czasu pracy pieca z uwagi na wymagane kryterium temperaturowe na powierzchni badanego przewodu. Wyniki badań wybranych przewodów przedstawiono w tabeli 1. Ponadto na rysunku 2 przedstawiono wybrane odcinki po zakończeniu eksperymentu. Stosowano serie trzykrotnych badań dla danego przewodu. Wyniki przedstawione w tabeli 1 są wynikami średnimi z wyjątkiem przewodu XnKXSzo. W większości przypadków zaobserwowano zainicjowanie reakcji spalania badanych przewodów. Brak było roztopionych i palących się kropeł. Ta ostatnia cecha jest ważna z uwagi na ograniczenie możliwości rozprzestrzeniania pożaru.



Rys.2. Wybrane próbki przewodów po spalaniu

1. XnKXSzo
2. YTKSY ekw
3. HTKSH ekw
4. YTKSY
5. YnKY
6. YnTKSY ekw
7. YKY 0,6/1kV

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić:

1. Przewody w powłoce z polwinitu niepalnionego (Yn) posiadają dużo krótsze czasy rozprzestrzeniania płomienia oraz długości spalonych próbek od przewodów ze zwykłymi powłokami PVC.
2. Przewody ekranowane (ekw) również uzyskały dużo lepsze wyniki niż przewody nieekranowane. Element konstrukcji przewodu w postaci ekranu metalicznego spowalnia rozprzestrzenianie płomienia.
3. Wymagania normy spełnił przewód HTKSHekw i jeden z badanych przewodów typu XnKXSzo. Nieznaczne przekroczenie wymagań zaobserwowano w przypadku przewodów YnTKSY, YnTKSYekw i YnTKSXekw.

Produkty rozkładu termicznego z części niemetalowych tych przewodów nie zapaliły się i zaobserwowano najmniejsze uszkodzenia termiczne.

4. Największą intensywność spalania uzyskano podczas badania przewodu YKY 0,6/1kV wykonanego ze zwykłego polwinitu.
5. W żadnym badaniu nie otrzymano roztopionych i palących się kropeł izolacji powłoki.

Otrzymane wyniki badań wskazują, że kryteria sformułowane w przedmiotowej normie są dużo bardziej rygorystyczne w stosunku do norm obecnie obowiązujących (średni czas palenia się próbek nie może przekroczyć 60 sek., a długość zwęglonych lub uszkodzonych części próbek nie może przekroczyć 200mm).

Tabela 1. Wyniki badań odporności przewodów na rozprzestrzenianie się płomienia.

Typ przewodu	Czas do osiągnięcia temp. 300 °C (min)	Czas spalania (po odjęciu palników) (s)	Długość uszkodzonego przewodu (mm)	Wynik badania wg normy	Uwagi
YTKSY	15	150	1000	ujemny	brak
YTKSYekw	14	15	430	ujemny	spalanie wewnątrz pieca
YnTKSY	12	---	210	ujemny	brak
YnTKSYekw	13	10	230	ujemny	spalanie wewnątrz pieca
YnTKSXekw	12	15	210	ujemny	spalanie wewnątrz pieca
HTKSH	13	150	1000	ujemny	brak
HTKSHekw	15	---	150	dodatni	brak
YKY 0,6/1kV	14	250	800	ujemny	tendencja do ściekania powłoki
YnKY 0,6/1kV	15	90	40	ujemny	spalanie wewnątrz pieca
XnKXSzo 0,6/1kV	14 15	--- 300	150 400	dodatni ujemny	spalanie wewnątrz pieca
YnKXS 0,6/1kV	15	200	360	ujemny	brak

LITERATURA

- [1] Pofit-Szczepańska M., Jaskółowski W., Zagrożenia pożarowe powstałe podczas eksploatacji kabli elektroenergetycznych, Biuletyn WAT, 2005, 73-86
- [2] Dokument interpretacyjny do dyrektywy 89/106/EEC dotyczącej wyrobów budowlanych. Wymagania podstawowe nr 2 „Bezpieczeństwo pożarowe”, Warszawa, 2003
- [3] PN-EN 60695-1-1: 2001: Badania zagrożenia ogniowego – Część 1-1: Wytyczne do oceny zagrożenia ogniowego wyrobów elektrotechnicznych – Wytyczne ogólne.
- [4] PN-EN 60332-1-1:2005: Badanie palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Część 1-1: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie płomienia: Aparatura
- [5] PN-EN 60332-2-1: 2001: Badanie palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Część 2-1: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na

pionowe rozprzestrzenianie płomienia. Metoda badania płomieniem z palnikiem mieszkankowym 1 kW.

- [6] PN-EN 60332-2-2: 2005. Badanie palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Część 2-2: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie płomienia. Metoda z użyciem płomienia dyfuzyjnego.
- [7] PN-89/E-04160/55: Sprawdzanie odporności przewodów na rozprzestrzenianie płomienia. Metoda V

Autorzy: dr inż. Waldemar Jaskółowski, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Zakład Spalania i Teorii Pożarów ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, e-mail: wjaskolowski@sgsp.edu.pl
dr inż. Ryszard Chybowski, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Zakład Elektroenergetyki, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa; mgr inż. Mariusz Kwiatkowski, TECHNOKABEL S.A., ul. Nasielska 55, 04-343 Warszawa.