

*st. kpt. dr inż. Ryszard CHYBOWSKI,
mł. bryg. dr inż. Waldemar JASKÓŁOWSKI,
st. kpt. dr Piotr KUSTRA
SGSP*

BADANIE FUNKCJONALNOŚCI NIEKTÓRYCH TYPÓW PRZEWODÓW ELEKTRYCZNYCH PODDANYCH INTENSYWNEMU PROMIENIOWANIU CIEPLNEMU

W artykule omówiono aspekt zachowania cech funkcjonalnych przewodów elektrycznych w warunkach pożarowych.

The article discusses the characteristics of the functional aspect of the behavior of electrical cables under fire conditions.

Wprowadzenie

Dobór właściwego przewodu wymaga od projektanta uwzględnienia wielu parametrów. Oprócz m.in. parametrów transmisyjnych, obciążalności prądowej należy uwzględnić warunki eksploatacji, czyli narażenia zewnętrzne, jakim będzie lub może być poddany zainstalowany kabel podczas wieloletniej eksploatacji. Właściwe oszacowanie tych narażeń decyduje o trwałości kabla oraz zapewnia zachowanie cech funkcjonalnych w różnych warunkach eksploatacji [1].

Rozwój cywilizacji, przemysłu, turystyki skutkuje między innymi tym, że wzrasta zapotrzebowanie na różnego rodzaju obiekty budowlane, tj. budynki administracyjno-biurowe, centra handlowe, hotele, kompleksy kulturalno-rozrywkowe. Każdy z inwestorów, użytkowników wymaga, aby dany obiekt funkcjonował niezawodnie jak najdłużej, niezależnie od warunków eksploatacji. To zadanie jest szczególnie trudne do zrealizowania w warunkach ekstremalnych, do których należy pożar. Techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych (m.in. system sygnalizacji pożarowej, dźwiękowy system ostrzegawczy i inne), które stanowią element infrastruktury technicznej obiektów budowlanych spełniają bardzo ważną rolę w realizacji celu, o którym mowa wyżej. Niewątpliwie na właściwe funkcjo-

nowanie technicznych systemów bezpieczeństwa pożarowego ma wpływ jakość instalacji elektrycznych.

W związku z powyższym zachodzi potrzeba oceny jakości instalacji elektrycznych, tak jak i do każdego wyrobu budowlanego jego jakości z uwagi na bezpieczeństwo pod względem pożarowym. Do tej oceny należy wykorzystywać możliwie wiele danych, w tym [1]:

- wyniki badań z prób eksperymentalnych, obejmujących badania zarówno w małej, jak i w pełnej skali. Badania w pełnej skali są prowadzone w rzeczywistych odcinkach kanałów lub tunelach przy dobieranych obciążeniach ogniowych materiałów konstrukcyjnych przewodów. Z uwagi na koszt badań najczęściej w literaturze podawane są wyniki z mniejszą ilością materiałów palnych i tym samym mniejszymi wymiarami przestrzeni spalania. Są to badania w małej skali i umożliwiają one formułowanie wniosków o zachowaniu się przewodów elektrycznych w warunkach rzeczywistych;
- dane statystyczne, względnie ekspertyzy odnoszące się do pożarów materiałów o podobnej konstrukcji i przeznaczeniu;
- udokumentowane oceny ekspertów.

Aby osiągnąć cel sformułowany powyżej, konieczne jest stosowanie takich materiałów konstrukcyjnych przewodów elektrycznych, a właściwe ich niemetalowych części (powłok, izolacji z tworzyw sztucznych), które zapewnią w czasie pożaru założoną ciągłość działania kluczowych systemów, w tym bezpieczeństwo pożarowe. Zaliczyć do nich można następujące instalacje:

- sterowania wentylacją zapewniającą skuteczne oddymianie w warunkach pożaru,
- zapewniające zaopatrzenie wodne,
- oświetlenia awaryjnego i ewakuacyjnego,
- dźwiękowego systemu ostrzegawczego,
- sterowania kłapami przeciwpożarowymi.

Chodzi też o to, by ich wkład cieplny, toksyczny oraz związany z wydzielaniem dymu w środowisku pożarowym był minimalny.

Reasumując, podstawę oceny bezpieczeństwa pożarowego przewodów elektrycznych powinny stanowić kompleksowe badania zachowania się materiałów i wyrobów pod wpływem strumieni cieplnych symulujących środowisko pożarowe, uwzględniające:

- 1) toksyczność produktów powstałych podczas rozkładu i spalania materiałów (bardzo istotna w aspekcie bezpieczeństwa użytkowników i ratowników przebywających w zagrożonym obiekcie);
- 2) zdolność do tworzenia dymu (dym jest przyczyną 2/3 ofiar pożarów);
- 3) szybkość wydzielania ciepła i całkowitą ilość wydzielonego ciepła (decydują one w istocie o temperaturze pożaru i w konsekwencji o szybkości jego rozwoju);

- 4) szybkość rozprzestrzeniania płomieni po kablu pojedynczym lub wiązce;
- 5) korozyjność gazów powstałych podczas spalania niemetalowych części składowych przewodu elektroenergetycznego;
- 6) zdolność do zachowania funkcjonalności kabla (ciągłości działania); szczególnie istotne przy zasilaniu instalacji kluczowych dla budynku;
- 7) czas do zapoczątkowania reakcji spalania.

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 odzwierciedlających środowisko pożarowe. Próby takie umożliwiają oszacowanie odpowiednich aspektów zagrożenia pożarowego związanych z eksploatacją przewodów 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 właściwości, 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.

W środowisku pożarowym transfer ciepła zachodzi w różny sposób, w zależności od fazy rozwoju pożaru. Na początku pierwszej fazy pożaru o szybkości wzrostu temperatury ogrzewanych materiałów i w konsekwencji o szybkości rozkładu termicznego kabla czy przewodu decydują: szybkość przepływu strumienia ciepła od źródła do materiału, różnica temperatur pomiędzy powierzchnią ogrzewaną a jego wnętrzem i właściwości fizykochemiczne, które są cechą charakterystyczną dla danego tworzywa sztucznego, stanowiącego składowy element przewodu, głównie izolacji i powłoki. Do podstawowych właściwości fizykochemicznych można zaliczyć [4]:

- ciepło właściwe – temperatura materiałów o wysokim cieple właściwym wzrasta wolniej niż materiałów o cieple właściwym niskim,
- przewodnictwo cieplne,
- entalpię zachodzących reakcji topnienia, parowania lub innych przemian fizycznych, które występują podczas ogrzewania.

Celem artykułu 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.

Badania eksperymentalne

Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone na stanowisku badawczym modelującym środowisko pożaru. Widok stanowiska przedstawiono na rys. 1.

Zasadniczym elementem stanowiska badawczego był wycinek cylindrycznego pieca elektrycznego, wytwarzającego odpowiedni strumień promieniowania cieplnego. Moc cieplna tego pieca to 2,3 kW. Pod elementem grzejnym, w odległości 7 cm umieszczony był odcinek badanego przewodu (ok. 100 cm). Strumień promieniowania cieplnego oddziaływał bezpośrednio na przewód na długości 34 cm. Po umieszczeniu przewodu w strefie bezpośredniego oddziaływania ciepła włączano napięcie, którego wartość była uzależniona od wartości znamionowej napięcia tego przewodu. Obwód elektryczny zapewniający dostawę prądu był zabezpieczony wyłącznikami automatycznymi, które w momencie wystąpienia zwarcia wyłączały napięcie. Ten stan był sygnalizowany akustycznie (wyłączający się wyłącznik) oraz wizualnie (żarówka). Przerwanie dostawy prądu (zwarcie) było jednoznaczne z zakończeniem próby. W czasie badań rejestrowano czas, po jakim wystąpi zwarcie.



Rys. 1. Stanowisko badawcze

Źródło: opracowanie własne.

Drugim kryterium, które decydowało o zakończeniu próby, był czas nieprzerwanej dostawy prądu przez 90 min. Dodatkowo w środkowej części odcinka umieszczona była termopara rejestrująca temperaturę zewnętrznej powierzchni przewodu. Na rys. 2 widoczne są odcinki przewodów po zakończonej próbie.



Rys. 2. Odcinki przewodów po badaniach

1 - FTP kat. 5E, 2 - HTKSH ekw PH 90, 3 - YnTKSY skw, 4 - LiYY-Nr 300/500,
5 - YnTKSY, 6 - UTP-H kat. 5E

Źródło: opracowanie własne.

Na rys. 2 wyraźnie widoczne są różnice w odporności na oddziaływanie promieniowania cieplnego różnych rodzajów przewodów.

Tabela 1. Wyniki badań oddziaływania promieniowania cieplnego na wybrane przewody

Lp.	Typ kabla elektrycznego	Napięcie robocze	Czas do zniszczenia izolacji	Uwagi
1.	HTKSHekw PH 90 1×2×1,4 mm	230 V	-----	Przy temp. 205°C powierzchnia kabla zaczyna się odkształcać. W temp. 212°C rozpoczyna się wyraźnie proces zwęglenia, przy 221°C na powierzchni kabla powstają pęknięcia. Przy temp. 235°C i po upływie 98 min eksperyment zakończono. Nie stwierdzono przerwania ciągłości dostawy prądu.

ciąg dalszy tabeli 2.

Lp.	Typ kabla elektrycznego	Napięcie robocze	Czas do zniszczenia izolacji	Uwagi
2.	YnTKSY 1×2×1,0 mm	230 V	33 min	<p>Po upływie 8 min, w temp. 110°C, wystąpiły oznaki początku rozkładu termicznego (dymienie). W krótkim czasie intensywności dymienia wzrasta.</p> <p>W temp. 175°C powłoka zewnętrzna uległa zniszczeniu. Widać elementy wewnętrzne kabla.</p> <p>W temp. 210°C następuje zniszczenie izolacji. W rezultacie zostaje przerwana ciągłość obwodu elektrycznego.</p>
3.	YnTKSYskw 2×2×0,8 mm	60 V	32 min	<p>Po 7 min temp. powierzchni kabla osiągnęła 104°C. Po osiągnięciu temp. 141°C rozpoczyna się proces destrukcji termicznej, który postępuje wraz ze wzrostem temperatury.</p> <p>W temp. 212°C izolacja uległa przepaleniu (zwarcie) i zadziałały zabezpieczenia przeciwzwarciove.</p>
4.	UTP-H kat. 5E 4×2×0,5 mm	60 V	30 min	
5.	FTP kat. 5E 4×2×0,5 mm	60 V	12 min	
6.	Li YY – Nr 300/500	260 V	23 min	<p>Do temp. 130°C nie zaobserwowano istotnych zmian na powierzchni kabla.</p> <p>W temp. 133°C widać pierwsze oznaki destrukcji termicznej powłoki, które wraz ze wzrostem temperatury nasilają się.</p> <p>W temp. 170°C widoczne są żyły przewodów.</p>

Przedstawione wyniki badań dostarczają wiedzy o zachowaniu różnych odcinków przewodów elektrycznych pod względem zachowania ciągłości dostawy prądu w warunkach symulujących środowisko pożarowe, tj. podczas oddziaływania promieniowania cieplnego.

Wnioski

Czas funkcjonowania przewodów elektrycznych różnych typów narażonych na oddziaływanie promieniowania cieplnego jest bardzo zróżnicowany. Zależy od budowy przewodu. Znamienne jest to, że powłoka zewnętrzna przewodu o dużej odporności termicznej nie daje gwarancji dłuższego czasu zachowania cech funkcjonalnych przewodu. Zaobserwowano, że przewód typu FTP kat. 5E po próbie praktycznie nie miał zniszczonej powłoki, a mimo to czas funkcjonowania w warunkach eksperymentu wyniósł tylko 12 min z uwagi na dużą odporność cieplną powłoki i małą odporność cieplną izolacji.

PIŚMIENNICTWO

1. www.technokabel.pl; 15.09.2009 r.
2. Sosnowski I.: Metody badań palności kabli. „W akcji” 2009, nr 4, s. 85.
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania. Dz.U. 2002, nr 75, poz. 690, z późn. zm.
4. PN-EN 60695-1-1:2001: Badanie zagrożenia pożarowego. Wytyczne do oceny zagrożenia ogniowego wyrobów elektrotechnicznych. Wytyczne ogólne.
5. W. Jaskółowski, R. Chybowski, M. Kwiatkowski: Analiza porównawcza rozprzestrzeniania płomienia przez nowoczesne przewody elektryczne. „Przegląd Elektrotechniczny” 2007, nr 3, s. 119.
6. R. Borkowski, W. Jaskółowski, E. Piechocka, M. Półka: Fizykochemia spalania. Ćwiczenia laboratoryjne. SGSP, Warszawa 1996, s. 85.

S U M M A R Y

*Ryszard CHYBOWSKI,
Waldemar JASKÓŁOWSKI,
Piotr KUSTRA*

TESTING THE FUNCTIONAL ASPECT OF THE BEHAVIOR OF SOME TYPES OF ELECTRICAL CABLES SUBJECTED TO INTENSIVE HEAT RADIATION

The article discusses the characteristics of the functional aspect of the behavior of electrical cable under fire conditions and presents the results of 6 individual cables subjected to heat radiation (fire simulation). The coating of a wire with big thermal resistance does not guarantee long time behavior of functional features of the cable.

