

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

# WPŁYW GRUBOŚCI TYNKU NA FUNKCJONALNOŚĆ POJEDYNCZEGO PRZEWODU ELEKTRYCZNEGO PODDANEGO ODDZIAŁYWANIU PROMIENIOWANIA CIEPLNEGO

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 cable under fire conditions

## 1. WPROWADZENIE

Zjawisko pożaru powoduje nadzwyczajne zagrożenie ludzi i infrastruktury budowlanej. Zapewnienie bezpieczeństwa ludzi podczas pożaru dotyczy w równym stopniu m.in. mieszkańców, użytkowników, a także zastępów Państwowej Straży Pożarnej (PSP) biorących udział w działaniach związanych z prowadzeniem akcji ratowniczej. Głównym źródłem kształtującym kryteria bezpieczeństwa pożarowego są regulacje prawne. Podstawowym aktem prawnym w tym zakresie jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 dnia kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1]. W § 180 – § 191 przedmiotowego rozporządzenia zawarto podstawowe przepisy, które formułują wymagania

dla instalacji elektrycznych w budynkach. Instalacje i urządzenia elektryczne w budynkach powinny zapewniać m.in.:

- dostarczanie energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych do odbiorników, stosownie do potrzeb użytkowych,
- ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,
- ochronę przed emisją drgań i hałasu powyżej dopuszczalnego poziomu oraz przed szkodliwym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego.

Podczas projektowania, montażu i eksploatacji instalacji elektrycznych należy także uwzględniać wymagania odrębnych przepisów prawnych, dokumentów prawnych, norm zwłaszcza w aspekcie bezpieczeństwa pożarowego. Inne obowiązujące przepisy w tym zakresie są pochodną Dyrektywy Rady Wspólnoty Europejskiej w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych państw członkowskich w sprawie wyrobów budowlanych [2]. Dyrektywa wyznacza najważniejsze cele i formułuje podstawowe wymagania w celu zapewnienia maksymalnego poziomu bezpieczeństwa związanego z wykonywaniem, użytkowaniem obiektów budowlanych. W Dyrektywie na drugim miejscu po nośności i stateczności, wśród sześciu wymagań podstawowych, które powinny spełniać wymagania budowlane znajduje się bezpieczeństwo pożarowe. Postanowienia, o których mowa powyżej znalazły swoje odzwierciedlenie także w prawie krajowym. Na podstawie § 207 ust. 1 Rozporządzenia [1] można stwierdzić, że zostanie zapewniony właściwy poziom bezpieczeństwa pożarowego wtedy gdy zastosowany zespół rozwiązań techniczno-budowlanych w budynku i urządzeniach z nim związanych, zapewnia w razie pożaru:

- nośność konstrukcji przez czas wynikający z właściwych przepisów,
- ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku,
- ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia na sąsiednie budynki,
- **możliwość bezpiecznej i skutecznej ewakuacji (osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt budowlany lub być uratowane w inny sposób),**
- bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Powyższe wymagania zostały potwierdzone w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 86/109/EWG [3].

W zakresie doboru przewodów elektrycznych istotne informacje zawiera norma PN-IEC 60364-3:2000 [4]. Wskazuje ona warunki ewakuacji jako czynnik zewnętrzny, który należy brać pod uwagę przy doborze sposobów ochrony zapewniającej bezpieczeństwo oraz przy doborze i montażu wyposażenia elektrycznego i wprowadza oznaczenia kodem BD1, BD2, BD3, BD4.

Szczegółowe wymagania w zakresie instalacji elektrycznych dla obiektów oznaczonych kodem BD zawiera Polska Norma PN-IEC 60364-4-482:1999 [5]. Określa ona wymagania jakim powinny odpowiadać instalacje elektryczne w obiektach budowlanych, aby możliwa była bezpieczna ewakuacja ludzi.

Prawidłowy dobór przewodów i kabli elektrycznych to jedno a ich prawidłowe ułożenie to drugie. Przewody elektryczne w zależności od rodzaju, przeznaczenia można układać bezpośrednio, w rurkach lub korytkach na tynku lub pod tynkiem.

W stosunku do przewodów i kabli elektrycznych, tak jak każdego wyrobu budowlanego zachodzi potrzeba oceny ich jakości z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe. Do tej oceny należy wykorzystywać możliwie szeroki wachlarz danych obejmujących [6]:

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 wyniki z mniejszą ilością materiałów palnych i tym samym mniejszymi wymiarami przestrzeni spalania. Są to badania w małej skali i umożliwiają one sformułowanie wniosków o zachowaniu się przewodów elektrycznych w warunkach rzeczywistych.
2. Dane statystyczne, względnie ekspertyzy odnoszące się do pożarów materiałów o podobnej konstrukcji i przeznaczeniu.
3. Udokumentowane oceny ekspertów.

Metody badawcze, którym poddawane są przewody elektryczne można podzielić na [6]:

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.

Wszystkie badania z powyższego obszaru dotyczą badania przewodów nieosłoniętych. Brak jest danych literaturowych (eksperymentalnych) lub normowych metod badawczych, które uwzględniałyby warstwę tynku pokrywającą instalacje kablowe. W związku z powyższym autorzy niniejszego artykułu postawili sobie za cel zbadanie wpływu grubości tynku na funkcjonalność pojedynczego przewodu elektrycznego poddanego oddziaływaniu promieniowania cieplnego.

## 2. BADANIA EKSPERYMENTALNE

Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone na stanowisku badawczym modelującym oddziaływanie promieniowania cieplnego w warunkach pożarowych (wysokoenergetycznych). Widok stanowiska przedstawiono na fot. 1.



*Fot. 1. Stanowisko badawcze*  
Źródło: opracowanie własne.

Zasadniczym elementem urządzenia badawczego jest wycinek cylindrycznego pieca elektrycznego wytwarzającego odpowiedni strumień promieniowania cieplnego. Moc cieplna tego pieca wynosi 2,3 kW. W warunkach eksperymentu odległość pomiędzy źródłem ciepła a powierzchnią badanej próbki pozwalała na uzyskanie temperatury odzwierciedlającej emisję ciepła podczas pożaru (700-800°C). Końcówki przewodu wystające z tynku i miejsca połączeń oświetleniowej instalacji elektrycznej będącej pod napięciem 230 V AC, były osłonięte przed bezpośrednim oddziaływaniem strumienia ciepła warstwą wełny mineralnej. Rozwiązanie to skutecznie chroniło przed niszczącym działaniem strumienia ciepła wystające przewody jak również plastikowe kostki

montażowe. 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 bezpiecznikami automatycznymi, które w momencie wystąpienia zwarcia wyłączały napięcie. Ten stan był sygnalizowany akustycznie (wyłączający się bezpiecznik) oraz wizualnie (żarówka). Przerwanie dostawy prądu (zwarcie) było jednoznaczne z zakończeniem próby. W czasie badań rejestrowano czas, po jakim wystąpi zwarcie.

Badaniom poddano przewód instalacyjny płaski trzyżyłowy położony typu YDYp 3x2,5 cm<sup>2</sup> centralnie na powierzchni (dłuższej płaszczyzny) gazobetonu komórkowego typu suporex o wymiarach 12x12x24 cm. Gazobeton jest typowym materiałem wykorzystywanym w budownictwie do wznoszenia ścian wszelkiego typu. Przewód pokryty został tynkiem o następujących grubościach: 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm i 25 mm. Tynk wykonano typową zaprawą tynkarską dostępną na rynku. Grubość tynku liczona była od górnej powierzchni przewodu do zewnętrznej powierzchni tynku.

W celu pomiaru temperatury na powierzchni badanego przewodu w tynku położono rurkę osłonową o średnicy wewnętrznej 2 mm, która stykała się z badanym przewodem. Do rurki wprowadzono termoparę i podłączono ją do miernika pomiaru temperatury. Podczas eksperymentów mierzono również temperaturę na powierzchni tynku z wykorzystaniem termopary.

W czasie eksperymentu zaobserwowano (po ok. 30 min.) wydzielanie się produktów rozkładu cieplnego PCV. Wydzielanie się tych produktów występowało pomiędzy powierzchnią gazobetonu a tynkiem. W niektórych przypadkach zaobserwowano zapalenie się tych produktów.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań, tj. temperaturę na powierzchni przewodu, temperaturę na powierzchni tynku oraz średni czas funkcjonowania przewodu, w warunkach cieplnych symulujących warunki pożarowe.

**Tabela 1.** Wyniki badań eksperymentalnych

Grubość tynku [mm]	Temp. na pow. przewodu [°C]	Temp. na pow. tynku [°C]	Średni czas funkcjonowania przewodu [min]
5	465	568	20
10	504	660	50
15	503	700	65
20	460	761	70
25	510	800	82

Z wyników zamieszczonych w tabeli 1 da się zauważyć gradient temperatury w warstwie tynku. Spadek temperatury na warstwie tynku jest na tyle mały, że nie chroni izolacji PVC przed jej degradacją

w warunkach pożaru. Tynk jednak do pewnego czasu opóźnia całkowite zniszczenie izolacji przewodu wydłużając jego czas funkcjonalności.



*Rys. 1a. Przykład próbki po eksperymencie – kompletna próbka*



*Rys. 1b. Przykład próbki po eksperymencie – zdjęta warstwa tynku*

Na rys. 1b. widać efekt działania strumienia ciepła na izolację przewodu przykrytego warstwą tynku.

### 3. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że:

1. Grubość tynku ma widoczny wpływ na czas funkcjonowania przewodu w warunkach pożaru.
2. Wzrost grubości warstwy tynku wydłuża nieliniowo czas funkcjonowania przewodu. Wzrost grubości warstwy tynku z 15 mm na 20 mm lub 20 mm na 25 mm zwiększa czas funkcjonowania o ok. kilkanaście procent.

3. Najbardziej wyraźny wzrost czasu funkcjonalności przewodu zaobserwowano przy zmianie grubości tynku z 5 mm na 10 mm. Wzrost tego czasu można szacować na ok. 100%.
4. Żadna grubość warstwy tynku nie zapewnia takiego gradientu temperatury aby na powierzchni badanego przewodu nie występowała temperatura niszcząca izolację PCV.

## PIŚMIENICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75, poz. 690, z późn. zm.
- [2] Dokument interpretujący do Dyrektywy 89/106/EEC dotyczącej wyrobów budowlanych. Wymagania podstawowe nr 2 „Bezpieczeństwo pożarowe, Warszawa 2003.
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 86/109/EWG (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L88 z dnia 4 kwietnia 2011 r.).
- [4] PN-IEC 60364-3:2000. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ustalanie ogólnych charakterystyk.
- [5] PN-IEC 60364-4-482:1999. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych – Ochrona przeciwpożarowa.
- [6] PN-EN-60695-1-30:2010: Badanie zagrożenia ogniowego – Część 1-30: Wytyczne oceny zagrożenia ogniowego wyrobów elektrotechnicznych – Procedury doboru wstępnego – Wytyczne ogólne.

## SUMMARY

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

### THE INFLUENCE OF PLASTER THICKNESS ON BEHAVIOUR OF SINGLE ELECTRICAL CABLE SUBJECTED TO THERMAL 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 thermal resistance which does not guarantee long time behavior of functional features of the cable.