

mgr inż. Katarzyna Kaczorek-Chrobak^{1)*}
dr inż. Andrzej Kolbrecki¹⁾

Reakcja na ogień kabli elektroenergetycznych

Reaction to fire of electric cables

DOI: 10.15199/33.2015.07.09

Streszczenie. W ślad za mandatem M/443 na kable zasilające, sterowania i komunikacyjne została opracowana norma wyrobu PN-EN 50575, dotycząca kabli elektrycznych służących do przesyłu elektryczności i komunikacji, instalowanych w budowlach i stosowanych podczas robót budowlanych, którym stawia się wymagania związane z bezpieczeństwem pożarowym, a konkretnie z ich właściwościami w zakresie reakcji na ogień, ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia i dymu oraz wydzielania substancji niebezpiecznych. W artykule opisano metody badań kabli elektroenergetycznych dotyczące reakcji na ogień, dymotwórczości oraz kwasowości gazów powstałych podczas spalania powłok i izolacji kabli, a także przedstawiono kryteria, jakie muszą spełniać kable elektroenergetyczne w celu osiągnięcia odpowiedniej klasy reakcji na ogień zgodnie z normą PN-EN 13501-6.

Słowa kluczowe: kable elektryczne, bezpieczeństwo pożarowe.

Abstract. Following the mandate M/443, the PN-EN 50575 product standard has been developed. This standard refers to electric cables used for electricity and communication, installed in buildings and used for constructional work, which are subject to fire safety regulations in the case of their reaction to fire performance, fire spread, smoke production and release of dangerous substances. In this article there are presented reaction to fire, smoke production and acidity of gases evolved during the combustion of cable sheath, bedding and insulations test methods, together with criteria for cables which must be fulfilled to reach the appropriate reaction to fire class according to PN-EN 13501-6 standard.

Keywords: electric cables, fire safety.

Reakcja na ogień każdego wyrobu budowlanego zdefiniowana jest jako udział wyrobu, przez własny rozkład, w oddziaływaniu ogniowym, któremu jest poddany w określonych warunkach (definicja zaczerpnięta z normy PN-EN ISO 13943 *Bezpieczeństwo pożarowe – Terminologia*). Norma PN-EN 50575 *Kable i przewody elektroenergetyczne, sterownicze i telekomunikacyjne – Kable i przewody do zastosowań ogólnych w obiektach budowlanych o określonej klasie odporności pożarowej* [4] została opracowana wspólnie przez Komitety Techniczne CLC/TC 20, CLC/TC 46X oraz CLC/TC 86A w odniesieniu do mandatu M/443 dotyczącego *Kabli zasilających, sterowniczych i komunikacyjnych*. Systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych kabli i przewodów elektroenergetycznych podano w tabeli 1.

Zgodnie z ustalonymi zasadami wyroby klasyfikuje się w zależności od osiągniętej wartości parametrów klasyfikacyjnych. Klasy reakcji na ogień kabli (tabela 2) oraz zakres

Tabela 1. Systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych dla kabli do zastosowań podlegających przepisom dotyczącym reakcji na ogień

Table 1. Systems of the assessment and the verification of constancy of performance of cables for uses subject to regulations on reaction to fire

Wyroby	Zamierzone wykorzystanie	Klasa reakcji na ogień	Systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych
Kable zasilające, sterujące i komunikacyjne	do zastosowania podlegającego przepisom dotyczącym reakcji na ogień	A _{ca} , B1 _{ca} , B2 _{ca} , C _{ca}	1+
		D _{ca} , E _{ca}	3
		F _{ca}	4

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: k.kaczorek-chrobak@itb.pl

Tabela 2. Klasy reakcji na ogień oraz kryteria, jakie powinny spełniać kable elektroenergetyczne

Table 2. Reaction to fire classes and criteria which should be fulfilled by electric cables

Klasa reakcji na ogień	Norma badawcza	Parametry ciągłe, parametry zgodności* i kryteria oceny reakcji na ogień
A _{ca}	PN-EN ISO 1716	PCS ≤ 2,0 MJ/kg
B1 _{ca}	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50399 (30 kW)	H ≤ 425 mm, THR _{1200s} ≤ 10 MJ, maxHRR ≤ 30 kW, FIGRA ≤ 120 W/s, FS ≤ 1,75 m
B2 _{ca}	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50399 (20,5 kW)	H ≤ 425 mm, THR _{1200s} ≤ 15 MJ, maxHRR ≤ 30 kW, FIGRA ≤ 150 W/s, FS ≤ 1,5 m
C _{ca}	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50399 (20,5 kW)	H ≤ 425 mm, THR _{1200s} ≤ 30 MJ, maxHRR ≤ 60 kW, FIGRA ≤ 300 W/s, FS ≤ 2 m
D _{ca}	PN-EN 60332-1-2 PN-EN 50399 (20,5 kW)	H ≤ 425 mm, THR _{1200s} ≤ 70 MJ, maxHRR ≤ 400 kW, FIGRA ≤ 1300 W/s
E _{ca}	PN-EN 60332-1-2	H ≤ 425 mm
F _{ca}		brak kryteriów użytkowych lub wyrób nie spełnia wymagań klasy E _{ca}

* Definicje parametrów ciągłych i parametrów zgodności:

- 1 PCS – całkowite ciepło spalania, zdefiniowane jako ciepło spalania materiału po jego zupełnym spalaniu w określonych warunkach i całkowitej kondensacji wytworzonej wody (parametr ciągły)
2. H – pionowe rozprzestrzenianie się płomienia (parametr zgodności)
3. THR_{1200s} – całkowita ilość ciepła wydzielonego od początku trwania badania do jego zakończenia, wyłączając udział źródła ognia (parametr ciągły)
4. max HRR – maksymalna wartość wydzielającego się ciepła (wylączając HRR palnika), mierzona podczas aplikacji płomienia, średnia z 30 s (parametr ciągły)
5. FIGRA – wskaźnik szybkości wzrostu pożaru (parametr ciągły)
6. FS – pionowe rozprzestrzenianie się płomienia równe długości zniszczeń próbki badawczej.

zastosowania klasyfikacji podane są w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-6 *Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 6: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień kabli elektrycznych* [5]. W tabeli 3 podano dodatkową klasyfikację kabli w zakresie wydzielania dymu, występowania płonących kropli/cząstek oraz kwasowości i konduktywności gazów powstałych podczas spalania powłok i izolacji kabli.

Tabela 3. Dodatkowe klasy reakcji na ogień dla kabli elektroenergetycznych oraz kryteria, jakie powinny spełniać

Table 3. Additional reaction to fire classes and criteria which should be fulfilled by electric cables

Dodatkowe klasy reakcji na ogień	Norma badawcza	Parametry ciągłe, parametry zgodności* i kryteria oceny reakcji na ogień
s1	PN-EN 50399 (dla klas reakcji na ogień: B1 _{ca} , B2 _{ca} , C _{ca} , D _{ca})	TSP _{1200s} ≤ 50 m ² , maxSPR ≤ 0,25 m ² /s
s2		TSP _{1200s} ≤ 400 m ² , maxSPR ≤ 1,5 m ² /s
s3		właściwość nie jest deklarowana lub wyrób nie spełnia wymagań klasy s1 lub s2
s1a	PN-EN 61034-2	transmitancja ≥ 80%
s1b		transmitancja ≥ 60% < 80%
d0	PN-EN 50399 (dla klas reakcji na ogień: B1 _{ca} , B2 _{ca} , C _{ca} , D _{ca})	w ciągu 1200 s trwania badania nie występują żadne płonące krople/cząstki
d1		w ciągu 1200 s trwania badania płonące krople/cząstki nie występują dłużej niż 10 s
d2		właściwość nie jest deklarowana lub wyrób nie spełnia wymagań klasy d0 lub d1
a1	PN-EN 50267-2-3 (zastąpiona przez PN-EN 60754-2)	przewodność < 2,5 μS/mm, pH > 4,3
a2		przewodność < 10 μS/mm, pH > 4,3
a3		właściwość nie jest deklarowana lub wyrób nie spełnia wymagań klasy a1 lub a2

* Definicje parametrów ciągłych i parametrów zgodności:

1. TSP_{1200s} – całkowita ilość wydzielonego dymu od początku trwania badania do jego zakończenia (parametr ciągły)
2. max SPR – maksymalna wartość wydzielającego się dymu, mierzona podczas aplikacji płomienia, średnia z 60 s (parametr ciągły)

Metody badawcze w zakresie reakcji na ogień

W celu uzyskania klasy reakcji na ogień A_{ca} kabel elektroenergetyczny jako całość musi spełnić **kryterium ciepła spalania PCS ≤ 2 MJ/kg**. W badaniu wg normy PN-EN ISO 1716 *Badania reakcji na ogień wyrobów – Określanie ciepła spalania brutto (wartości kalorycznej)* [6] próbka materiału niemetalicznego kabla o określonej masie jest spalana w atmosferze tlenu w znormalizowanych warunkach, w stałej objętości w bombie kalorymetrycznej wykalibrowanej przez spalanie certyfikowanego kwasu benzooesowego. Ciepło spalania określone w tych warunkach oblicza się na podstawie obserwowanego wzrostu temperatury z uwzględnieniem strat ciepła i utajonego ciepła parowania wody.

W PN-EN 50399 *Wspólne metody badania palności przewodów i kabli – Pomiar wydzielania ciepła i wytwarzania dymu przez kable podczas sprawdzania rozprzestrzeniania się płomienia – Aparatura probiercza, procedury, wyniki* [7] zawarta jest metoda badania właściwości ogniowych kabli i przewodów zainstalowanych pionowo na drabinie, w przypadku zastosowania znormalizowanego źródła ognia. Badanie pozwala oszacować następujące parametry: pionowe rozprze-

strzenie się ognia, wydzielanie ciepła, wydzielanie dymu oraz obecność palących się kropli/cząstek z pionowo zainstalowanych wiązek przewodów, kabli elektroenergetycznych lub światłowodowych. Norma zawiera opis aparatury wraz z procedurą kalibracyjną. Procedury badawcze opisane w normie służą do potwierdzenia klasy reakcji na ogień kabli B1_{ca} (palnik o mocy 30 kW), B2_{ca} – D_{ca} (palnik o mocy 20,5 kW), co przedstawiono w tabeli 2 oraz s1, s2, s3, d0, d1, d2 (tabela 3). Instalacja kabli na drabinie do badań i przepływ powietrza do komory w trakcie badania wg PN-EN 50399 są ustalone zgodnie z Decyzją Komisji 2006/751/EC zmieniającą Decyzję 2000/147/EC wykonującą Dyrektywę Rady 89/106/EEC, w której przedstawiono również kryteria klasyfikacji kabli elektrycznych w zakresie ich reakcji na ogień (fotografia 1).

W celu określenia klasy reakcji na ogień kabli co najmniej E_{ca} niezbędne jest również wykonanie badania opisanego w normie PN-EN 60332-1-2 *Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych – Część 1-2: Sprawdzenie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia – Metoda badania płomieniem mieszkankowym 1 kW* [8]. Kable muszą spełnić kryterium H (pionowe rozprzestrzenianie się płomienia po pojedynczym kablu), czyli wysokość zwęglenia na powierzchni próbki (fotografia 2). W wymienionej normie opisano zastosowanie płomienia mieszkankowego 1 kW do badań ogólnych na kablach z zastrzeżeniem, iż metoda ta może być nieodpowiednia do badań jednożyłowych izolowanych przewodów o małej średnicy oraz kabli o całkowitym przekroju żył poniżej 0,5 mm² (tj. skrętki komputerowe), z powodu topienia się ich przed zakończeniem badania, a także kabli światłowodowych o małej średnicy, które pękają podczas badania.

W normie PN-EN 60754-2 *Badanie gazów wydzielających się podczas spalania materiałów pobranych z kabli i przewodów – Część 2: Oznaczanie kwasowości (przez pomiar pH) i konduktywności* [10], opisano zestaw urządzeń odpowiedni do stosowania w metodach ilościowego oznaczania gazów kwaśnych i korozyjnych, powstających podczas spalania niemetalicznych materiałów pobranych z przewodów i kabli oraz przedstawiono metodę badania i procedurę określenia kwasowości gazów wydzielanych podczas spalania materiałów



Fot. 1. Komora do badania reakcji na ogień kabli elektroenergetycznych wg normy PN-EN 50399 w Laboratorium Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej w Pionkach i próbka kabli rozpiętych na drabinie wewnątrz komory w trakcie badania i po badaniu.

Photo 1. The reaction to fire of cables test apparatus according to PN-EN 50399 in the Fire Research Laboratory, Building Research Institute in Pionki and the test specimen consists of cables mounted on the test ladder inside the chamber during the test and after the test



Fot. 2. Stanowisko do badania reakcji na ogień kabli elektroenergetycznych wg normy PN-EN 60332-1-2 w Laboratorium Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej w Pionkach

Photo 2. The reaction to fire of electric cables test apparatus according to PN-EN 60332-1-2 in the Fire Research Laboratory, Building Research Institute in Pionki

pobranych z przewodów i kabli elektrycznych lub światłowodowych przez pomiar pH i konduktywności oraz oznaczenie stopnia kwasowości gazów przez wyznaczenie średniej ważonej pH i konduktywności. Jest to szczególnie istotne przy ustalaniu wymagań w przypadku przewodów i kabli określanych jako bezhalogenowe. Kable takie powinny spełniać wymagania dodatkowej klasy reakcji na ogień a1 i a2 (tabela 2). W przypadku materiałów niemetalicznych kabli na bazie polimerów halogenowych (głównie kable na bazie PVC) i mieszanek zawierających halogenowe dodatki, norma badawcza PN-EN 60754-2 nie ma zastosowania, ze względu na zbyt duże stężenia powstającego kwasu halogenowego (powyżej 5 mg/g pobranej próbki). Kable halogenowe nie spełniają wymagań dotyczących dodatkowej klasy reakcji na ogień a1 i a2. Norma PN-EN 60754-2 zastępuje normy wycofane: PN-EN 50267-1 oraz PN-EN 50267-2-(2, 3).

Pomiar gęstości dymu powstałego z palących się przewodów lub kabli stanowi ważny aspekt oceny palności kabli, ponieważ ma wpływ na możliwość ewakuacji osób i umożliwia łatwiejszy dostęp do miejsc gaszenia ognia. W normie PN-EN 61034-2 *Pomiar gęstości dymów wydzielanych przez palące się przewody lub kable w określonych warunkach – Część 2: Metoda badania i wymagania* [9] podano opis wykonywania pomiaru oraz wymagania, jakie powinna spełniać badana próbka, jeżeli norma wyrobu badanego kabla lub przewodu ich nie zawiera (fotografia 3). Pomiar gęstości dymu wyrażono jako minimalną wartość transmitancji światła. Określenie gęstości dymu wydzielanego przez palące się kable przez pomiar transmitancji oparte jest na prawie Lamberta-Beera, które opisuje pochłanianie promieniowania elektromagnetycznego przy przechodzeniu przez częściowo absorbujący i rozpraszający ośrodek. Transmitancja zależy również od długości drogi i właściwości optycznych ośrodka, przez który przechodzi światło.

Zakres zastosowania wyrobu objętego klasyfikacją

Klasyfikacja w zakresie reakcji na ogień kabli elektrycznych jest ważna dla kabla, który został zbadany. W przypadku zasilających kabli elektroenergetycznych istnieje jednak



Fot. 3. Komora do badań gęstości dymu powstałego podczas badania kabli wg normy PN-EN 61034-1,-2

Photo 5. Optical density of smoke test chamber according to PN-EN 61034-1,-2

możliwość rozszerzenia zakresu zastosowania wyrobu na całą rodzinę kabli zgodnie ze specyfikacją techniczną CLC/TS 50576 *Kable elektryczne – zasady rozszerzeń wyników badań* [11], która jest przywołana w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-6.

Specyfikacja techniczna CLC/TS 50576 zawiera zasady rozszerzeń wyników badań wg norm badawczych PN-EN 50399 i PN-EN 60332-1-2 w celu sklasyfikowania rodziny kabli w klasach reakcji na ogień B1_{ca}, B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca}, dodatkowych klasach wydzielania dymu s1, s2, s3 oraz występowania płonących kropli/cząstek. Połączenie typowymiarów (liczba i przekroje żył roboczych) kabli w konkretne rodziny na zasadach szczegółowych (Specific EXAP) oraz ogólnych (Generic EXAP) zależy od następujących czynników:

- konstrukcji oraz rodzaju materiałów konstrukcyjnych kabla;
 - napięcia znamionowego;
 - cech żył roboczych: ilość (kable jedno- lub wielożyłowe), klasa (1 i 2 lub 5 i 6 klasa) i przekrój poprzeczny (okrągłe lub sektorowe);
 - obecności powłoki zewnętrznej na pojedynczej żyłce lub jej brak;
 - obecności pancerza lub koncentrycznej żyłki powrotnej.
- Przewody i kable elektroenergetyczne dostępne na rynku, zbudowane z tych samych materiałów konstrukcyjnych, występują nieraz w dużej liczbie typowymiarów. Specyfikacja techniczna CLC/TS 50576 precyzuje warunki doboru konkretnych typowymiarów kabli jako reprezentatywnych obiektów do badania reakcji na ogień danej rodziny kabli w zależności od tzw. parametru kablowego χ , który zależy od zawartości składników niemetalicznych kabla w metrze próbki badawczej kabla w drabinie (zgodnie z normą PN-EN 50399) oraz od średnicy kabla i liczby żył roboczych.

Kable zasilające o średnicy całkowitej 5,0 mm i mniejszej są badane w wiązках i nie podlegają zasadom rozszerzeń podanych w CLC/TS 50576, ponieważ właściwości ogniowe kabli i przewodów zmieniają się w istotny sposób w zależności od sposobu instalacji próbki badawczej wg normy PN-EN 50399. Podobnie kable o przekroju innym niż okrągły, kable sterujące, komunikacyjne i światłowodowe nie są objęte zasadami rozszerzeń. Komitety Techniczne nie opra-

owały jeszcze odpowiednich specyfikacji technicznych dotyczących tego typu kabli.

Badania reakcji na ogień kabli są badaniami wyrobu gotowego, a nie materiału, z którego wyrób jest wykonany. Mają one na celu odzwierciedlenie rzeczywistych warunków, w jakich zachodzi wydzielanie ciepła i dymu z przewodów i kabli elektroenergetycznych w obiektach budowlanych, choć nie dają możliwości pełnego odzwierciedlenia tych warunków. Obecnie nie ma wystarczającej wiedzy na temat badania reakcji na ogień i rozszerzeń wyników badań na wszystkie dostępne na rynku kable i przewody elektroenergetyczne. Komitety Techniczne w dalszym ciągu opracowują odpowiednie normy i specyfikacje techniczne w tym zakresie.

Literatura

- [1] Kolbrecki A., Papis B. „Badanie i klasyfikacja kabli i przewodów wg propozycji UE” *Wiadomości Elektrotechniczne*, R. 74, nr 10, 2006, s. 51 – 53.
- [2] Łukomski M., Kolbrecki A., Kosiorek M., Perzyna K. „Rozprzestrzenianie ognia przez kable elektryczne” *Materiały Budowlane*, nr 7, 2008, s. 48 – 51.
- [3] Szewczak E., Łukomski M. „Wymagania i badania laboratoryjne gęstości dymu wydzielanego przez palące się przewody lub kable” *Elektroinstalator* 1/2015, 2015, s. 31 – 35.
- [4] PN-EN 50575:2015 „Kable i przewody elektroenergetyczne, sterownicze i telekomunikacyjne – Kable i przewody do zastosowań ogólnych w obiektach budowlanych o określonej klasie odporności pożarowej”.
- [5] PN-EN 13501-6:2014 „Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 6: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień kabli elektrycznych”.
- [6] PN-EN ISO 1716:2010 „Badania reakcji na ogień wyrobów – Określanie ciepła spalania brutto (wartości kalorycznej)”.
- [7] PN-EN 50399:2011 „Wspólne metody badania palności przewodów i kabli – Pomiar wydzielania ciepła i wytwarzania dymu przez kable podczas sprawdzania rozprzestrzeniania się płomienia – Aparatura probiercza, procedury, wyniki”.
- [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 mieszkowym 1 kW”.
- [9] PN-EN 61034-2+A1:2014 „Pomiar gęstości dymów wydzielanych przez palące się przewody lub kable w określonych warunkach – Część 2: Metoda badania i wymagania”.
- [10] PN-EN 60754-2:2014 „Badanie gazów wydzielających się podczas spalania materiałów pobranych z kabli i przewodów – Część 2: Oznaczanie kwasowości (przez pomiar pH) i konduktywności”.
- [11] CLC/TS 50576: 2014 „Electric cables. Extended application of test results”.

Przyjęto do druku: 25.05.2015 r.

TECHNOKABEL®

łączy i przewodzi

B2ca

Kable do metra i tuneli
klasyfikacja reakcji na ogień - B2ca

TECHNOKABEL S.A.
ul. Nasielska 55
04-343 Warszawa

www.technokabel.com.pl
sprzedaz@technokabel.com.pl

tel.: 022 516 97 77
fax: 022 516 97 87

W LABORATORIUM ITB TECHNOKABEL UZYSKAŁ KLASYFIKACJĘ REAKCJI NA OGIEŃ DLA KABLI.