

Vplyv požiaru na úbytky napätia elektrických vedení pre zariadenia funkčné počas požiaru

Ing. František Gilian, Asociácia pasívnej požiarnej ochrany SR

Ing. Ján Dekánek, Apolloprojekt, s. r. o., Bratislava

Článok sa zaoberá teoretickým riešením úbytku napätia v elektrických vodičoch, ktoré napájajú spotrebiče funkčné počas požiaru v závislosti od tepelného namáhania týchto vodičov. Za teoretickou časťou sú uvedené praktické návody na riešenie návrhu elektrických rozvodov tak, aby úbytok napätia neprekročil povolené hraničné hodnoty.

■ ÚVOD

Problematika požiarnej bezpečnosti stavieb sa v posledných rokoch dostáva do popredia dôležitosti najmä s ohľadom na aplikáciu európskej legislatívy do právnych predpisov jednotlivých členských štátov. Napriek tomu sa oblasti elektrických inštalácií budov nevenovala v rámci EÚ v minulosti taká pozornosť, akú by si zaslúžila. Je potrebné si uvedomiť, že dodávka elektrickej energie pre požiarotechnické, technické a technologické zariadenia v stavbe je v prípade požiaru nevyhnutnou a životne dôležitou požiadavkou pre celú požiarnu bezpečnosť stavby. Ani v súčasnosti neexistujú v tejto oblasti spoločné európske normy alebo harmonizované technické špecifikácie.

V Slovenskej republike už niekoľko rokov pracujeme veľmi aktívne v tejto oblasti a vypracovali sme národnú technickú normu STN 92 0205 (je prekladom DIN 4102-12 so slovenskými národnými poznámkami) a technické požiadavky APPO TN 002 (vydanie z decembra 2008), ktoré riešia skúšanie a požiadavky na elektrické káblové systémy s funkčnou odolnosťou v požiari. Tieto dva dokumenty momentálne aplikujeme do všeobecne záväzných legislatívnych predpisov na úseku ochrany pred požiarmi v Slovenskej republike. V tejto oblasti pracujeme aj na ďalších zaujímavých a dôležitých projektoch prostredníctvom programu aplikovaného výskumu v spolupráci so slovenskými technickými univerzitami. Jedným z takýchto projektov je aj výskum vplyvu požiaru na úbytky napätia na káblových vedeniach, ktoré môžu spôsobiť znefunkčnenie požiarotechnických, technických a technologických zariadení počas trvania požiaru, čo môže mať fatálne následky na požiarnu bezpečnosť stavby.

■ TEORETICKÁ ČASŤ

Vzhľadom na to, že norma STN 92 0205, ktorá rieši problematiku zachovania funkčnej odolnosti (t. j. funkčieschopnosti – poznámka lektora) elektrických káblových systémov v požiari, neposudzuje funkčnú odolnosť z pohľadu úbytku napätia na kábloch, ktorý je spôsobený zvýšením odporu vodičov vplyvom vysokej teploty požiaru, je potrebné pri návrhu trasy túto skutočnosť vziať do úvahy. Je známa závislosť elektrického odporu vodičov od teploty. Pri zmenách teploty v malých teplotných intervaloch je závislosť merného odporu kovového vodiča ρ s dobrou presnosťou lineárna (pozri obr. 1) a udáva sa vzťahom:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \Delta T) \quad (1)$$

kde ρ_0 je rezistivita pri vzťažnej teplote T_0 [Ω/m]

α je teplotný súčiniteľ odporu [K^{-1}],

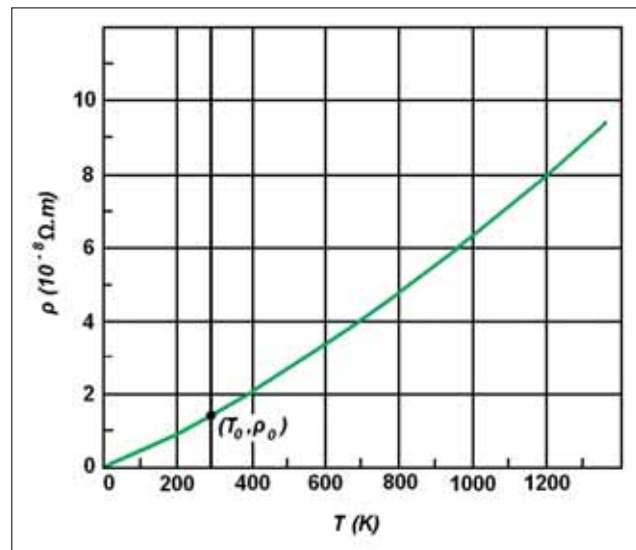
$\Delta T = T - T_0$ je zmena teploty voči vzťažnej teplote T_0 [K].

Odpor R vodiča s dĺžkou l [m], prierezom S [m^2] a merným odporom ρ [Ω/m] je daný vzťahom:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad [\Omega] \quad (2)$$

avšak tiež rovnicou (1) vynásobenou dĺžkou vodiča:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \Delta T) \quad [\Omega] \quad (3)$$



Obr. 1 Závislosť merného odporu od teploty

Na objasnenie vplyvu zmeny odporu metalického vedenia na zmenu výstupného napätia použijeme Ohmov zákon:

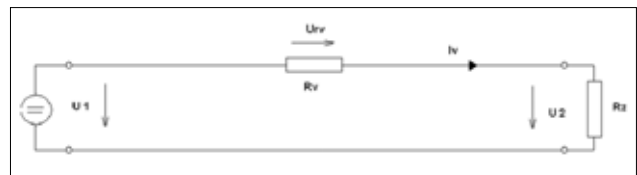
$$U = R \cdot I \quad (4)$$

kde U je napätie [V]

R je odpor [Ω]

I je prúd [A]

Pre lepšie objasnenie si znázorníme náhradný obvod vedenia a napätové pomery v ňom na nasledujúcom obrázku.



Obr. 2 Schéma obvodu vedenia s napätovými pomermi

Pri normálnej teplote $T_0 = 20$ °C sú napätové pomery v obvode dané rovnicami (5), (6) a (7):

$$U1 = \Delta U_{rv} + U_2 \quad (5)$$

$$\Delta U_{rv} = U_1 - U_2 \quad (6)$$

$$R_v \cdot I_v = U_1 - U_2 \quad (7)$$

kde U_1 je napätie na začiatku vedenia

ΔU_{rv} je úbytok napätia na celom vedení

U_2 je napätie na konci vedenia

Zjednodušene povedané, keď sa vrátíme k základnej rovnici pre odpor (3), požiar s narastajúcou teplotou (zväčšujúci sa merný odpor ρ) pôsobiaci na elektrické vedenie má podobný vplyv na znižovanie výstupného napätia, ako keby sme zvyšovali konečnú dĺžku vedenia l . Tak, ako sa berie do úvahy pri projektovaní elektrických rozvodov úbytok napätia spôsobený narastajúcou dĺžkou trasy, je nutné túto skutočnosť mať na zreteli aj v prípade úbytkov napätia spôsobených vplyvom požiaru. Stanoviť úbytok napätia pri zväčšení dĺžky vedenia je pomerne jednoduché. V prípade úbytkov spôsobených vplyvom požiaru to už také jednoduché nie je. V ďalšej časti si povieme o metodike stanovenia týchto úbytkov a dokážeme, že to možné je. Základnou informáciou je odporúčanie normy STN 33 2000-5-52, článok 525: Poznámka, kde sa hovorí, že pokiaľ úbytok napätia na konci vedenia je väčší ako 4 % hodnoty menovitého vstupného napätia, odporúča sa tento úbytok kompenzovať.

Musíme mať na zreteli, že elektrické vedenie je obvod s rozloženými elektrickými parametrami, čo pre ľahšiu predstavu uvádzame na obrázku č. 3:



Obr. 3 Ilustrácia časti elektrického obvodu s rozloženými parametrami

Celkový odpor vodiča je rozložený po celej jeho dĺžke a iba pre zjednodušenie sme ho na obr. 2 zobrazili pomocou náhradnej schémy ako jeden odporový prvok R_v (rezistor). To znamená, že každý parciálny úsek vodiča prispieva svojou časťou odporu k celkovému elektrickému odporu vodiča s konečnou dĺžkou. Inak povedané, celý vodič kábla s konečnou dĺžkou a konečným elektrickým odporom predstavuje nekonečné množstvo sériovo zapojených odporov, z ktorých každý má nekonečne malý elektrický odpor. Matematicky sa táto skutočnosť vyjadří vztťahom:

$$R_v = \sum_{n=1}^{\infty} R_n \quad (8)$$

Keď začne pôsobiť v určitom úseku vodiča teplo, ktoré vzniká pri požari, tak sa hodnoty elektrických odporov sériovo zapojených odporových elementov zvýšia, čo sa prejaví nárastom výsledného odporu celého zapojenia, čiže odporu celého vodiča. Čím je úsek vodiča, na ktorom pôsobí teplo požiaru, dlhší, tým viac odporových elementov zvyšuje svoj odpor a o to k väčšej zmene výsledného odporu dochádza.

■ PRAKTICKÉ RIEŠENIE

Ako sme už spomínali, stanoviť úbytok napätia na základe zväčšenia dĺžky vedenia je veľmi jednoduché a stačí túto dĺžku dosadiť do rovnice (3) a máme k dispozícii hodnotu odporu vedenia s väčšou dĺžkou. Potom už nie je problém vypočítať zväčšenie úbytku napätia na konci vedenia. V prípade úbytku napätia spôsobeného vplyvom požiaru si musíme uvedomiť základnú vec, a to že v tomto prípade je nutné stanoviť tri základné parametre:

- a) v akom rozsahu sa bude meniť teplota
- b) v ktorom mieste trasy budeme predpokladať zvýšenie teploty
- c) na akej dĺžke vedenia bude pôsobiť zvýšená teplota.

Určenie rozsahu zmeny teploty

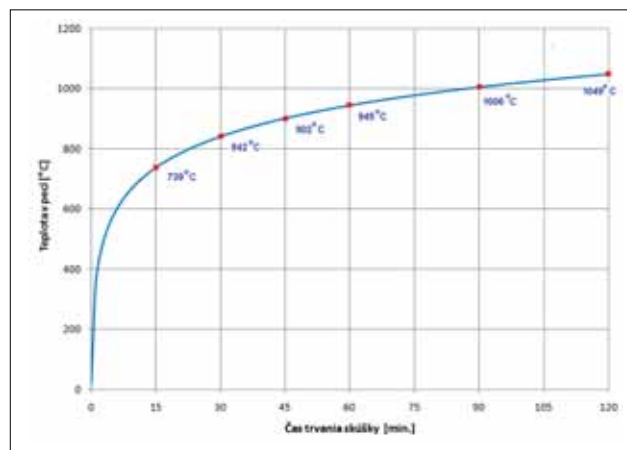
Pri tomto kroku použijeme predpoklad, že teplota sa bude meniť v zmysle normovej teplotnej krivky rozvinutého požia-

ru podľa STN EN 1363-1, ktorá je uvedená na obrázku č. 4. Táto krivka sa používa aj v skúške funkčnej odolnosti káblov podľa normy STN 92 0205. Normovým funkčným odolnostiam zodpovedajú príslušné teploty uvedené v tabuľke 1 v prípade, ak je kábel priamo tepelne namáhaný ohňom podľa normovej teplotnej krivky.

Tab. 1 Teploty priradené normovým funkčným odolnostiam podľa STN 92 0205

| PS | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120* |
|--------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| T [°C] | 739 | 842 | 902 | 945 | 1006 | 1049* |

* táto funkčná odolnosť je na hranici reálnosti, pretože teplota sa blíži k teplote tavenia meďi (1083°C)



Obr. 4 Teplotná krivka podľa STN EN 1363-1

Určenie predpokladaného miesta požiaru a dĺžky vedenia

Pri určení predpokladaného miesta požiaru a dĺžky vedenia, na ktorej bude pôsobiť zvýšená teplota, použijeme **riešenie požiarnej bezpečnosti stavby (PBS)**. V tomto riešení je stavba rozdelená na jednotlivé **požiarne úseky (PÚ)**. Dané elektrické vedenie prechádza na svojej reálnej trase požiarными úsekmi. Požiarnym úsekom v zmysle § 3 ods. 1 vyhlášky Ministerstva vnútra SR č. 94/2004 je celá stavba alebo jej časť, ktorá je oddelená od jej ostatných častí alebo od inej stavby požiarnou deliacou konštrukciou alebo odstupovou vzdialenosťou. Budeme vychádzať z predpokladu, že technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť stavby sú realizované správne. V tom prípade požiar, ktorý vznikne v jednom požiarom úseku, by sa nemal rozšíriť do iných požiarnych úsekov. Preto na určenie našej požiadavky musíme stanoviť taký požiarny úsek, ktorý spĺňa dva parametre pre stanovenie maximálneho možného úbytku napätia pri požari. Prvým parametrom je veľkosť požiarneho rizika, ktoré existuje v danom požiarom úseku, a druhým parametrom je dĺžka vedenia, ktorou prechádza káblové vedenie v danom požiarom úseku. Tento požiarny úsek nazveme **kritický požiarny úsek**. Je to taký požiarny úsek v ktorom:

- a) existuje najvyššie požiarne riziko zo všetkých posudzovaných požiarnych úsekov a v ktorom je zároveň káblové vedenie inštalované v dĺžke, ktorá však musí predstavovať minimálne 20 % z celkovej dĺžky trasy kábla, alebo
- b) existuje požiarne riziko, ktoré nie je najvyššie zo všetkých posudzovaných požiarnych úsekov, ale káblové vedenie inštalované v tomto požiarom úseku predstavuje minimálne 30 % z celkovej dĺžky trasy kábla.

V prípade, že existujú obidva uvedené prípady, tak sa za kritický požiarňý úsek považuje požiarňý úsek podľa písm. b). Káblové vedenia v požiarňých úsekoch bez požiarneho rizika sa neposudzujú.

Týmto spôsobom sme sa dopracovali k údajom o teplotách, ktoré budú pôsobiť na zvyšovanie odporu vedenia, a taktiež k dĺžke vedenia, na ktorej budú tieto teploty pôsobiť.

Výpočet úbytku napätia

Celá metodika výpočtu je z pohľadu elektrotechnickej praxe známa a založená na aplikácii základných zákonov elektrotechniky (Ohmov a Kirchhoffov zákon). Preto si len zosumarizujeme potrebné vstupné údaje pre výpočet:

- hodnota merného elektrického odporu medeného vodiča $\rho = 1,8 \cdot 10^{-8}$ [Ωm]
- hodnota teplotného súčiniteľa odporu medi $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$ [K^{-1}]
- hodnota teploty v 30. minúte normovej teplotnej krivky $T_1 = 842$ [$^{\circ}\text{C}$]
- hodnota teploty v 60. minúte normovej teplotnej krivky $T_2 = 945$ [$^{\circ}\text{C}$]
- hodnota teploty v 90. minúte normovej teplotnej krivky $T_3 = 1006$ [$^{\circ}\text{C}$]
- zadať hodnotu prierezu vodiča S [mm^2]
- zadať hodnotu celkovej dĺžky vedenia l_v [m]
- zadať hodnotu dĺžky vedenia v kritickom $PU I_{kr}$ [m]
- zadať hodnotu napájacieho napätia U [V]
- zadať hodnotu prúdového zaťaženia pripojeného elektrického zariadenia I_z [A]

Výsledkom výpočtov sú nerovnice, ktorých hodnoty naznačujú štyri možnosti stavu úbytku napätia na vedení počas požiaru.

Porovnaním týchto výsledných úbytkov napätí s maximálnou odporúčanou hodnotou úbytku napájacieho napätia U_{max} podľa požiadavky normy STN 33 2000-5-52 sa dostávame k sústavě nasledujúcich nerovnic:

$$\begin{aligned} U_{CELT3} > U_{CELT2} > U_{CELT1} > U_{max} & \quad (a) \\ U_{CELT3} > U_{CELT2} > U_{max} > U_{CELT1} & \quad (b) \\ U_{CELT3} > U_{max} > U_{CELT2} > U_{CELT1} & \quad (c) \\ U_{max} > U_{CELT3} > U_{CELT2} > U_{CELT1} & \quad (d) \end{aligned} \quad (9)$$

- kde U_{CELT1} – celkový úbytok napätia na vedení pri teplote T_1
 U_{CELT2} – celkový úbytok napätia na vedení pri teplote T_2
 U_{CELT3} – celkový úbytok napätia na vedení pri teplote T_3
 U_{max} – maximálna odporúčaná hodnota úbytku napájacieho napätia

V prípade platnosti vzťahu (a) je potrebné vykonať kompenzácie úbytku napätia na vedení s daným prierezom žíl pre všetky požadované triedy funkčnej odolnosti v požiarňi PS30, PS60 aj PS90.

V prípade platnosti vzťahu (b) je potrebné vykonať kompenzácie úbytku napätia na vedení s daným prierezom žíl pre požadované triedy funkčnej odolnosti v požiarňi PS60 a PS90.

V prípade platnosti vzťahu (c) je potrebné vykonať kompenzácie úbytku napätia na vedení s daným prierezom žíl len pre požadovanú triedu funkčnej odolnosti v požiarňi PS90.

V prípade platnosti vzťahu (d) kompenzáciu nie je potrebné vykonať.

Pre celú metodiku výpočtu bol zostavený výpočtový nástroj v programe EXCEL, ktorý výrazne zjednodušuje postup výpočtu úbytkov napätí a urýchli návrh spôsobu kompenzácie úbytku napätia.

Spôsoby kompenzácie nežiaducich úbytkov napätí

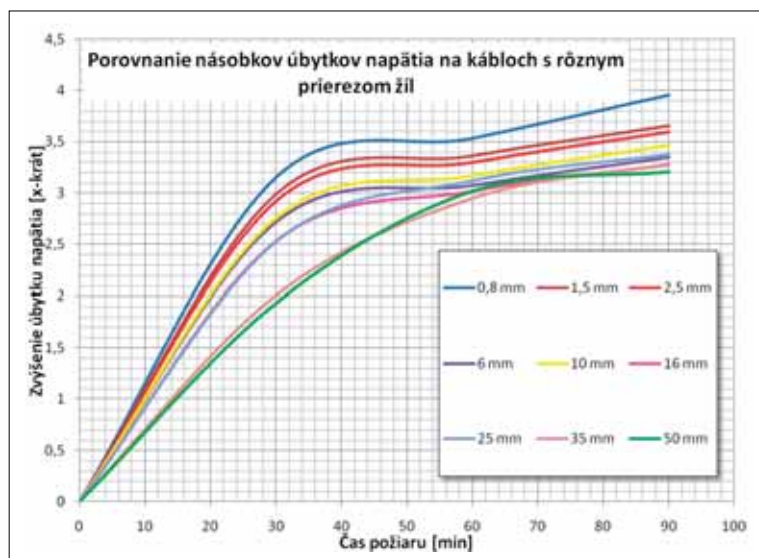
- Zväčšenie prierezu vodičov – kombináciou prierezov, jedným väčším prierezom.
- Zmenšenie dĺžky trasy v kritickom PÚ – oddelenie časti trasy stavebnými konštrukciami s požiadavkou na vhodnú požiarňu odolnosť s kritériom EI.
- Iná voľba trasy vedenia.

■ PRAKTICKÉ VÝSLEDKY SKÚŠOK

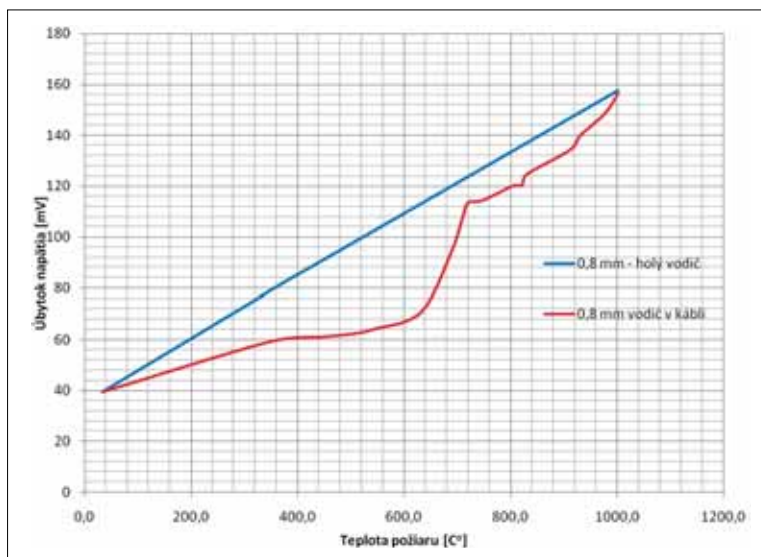
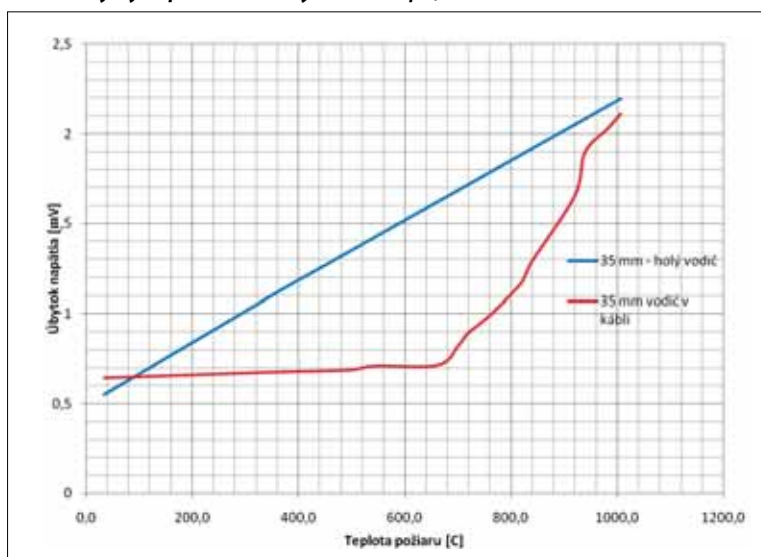
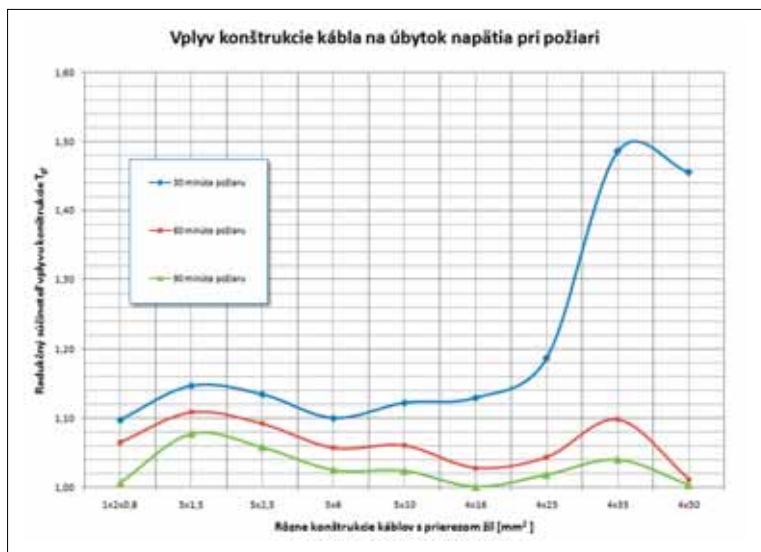
Na podporu teoretického riešenia tejto problematiky zorganizovala Asociácia pasívnej požiarnej ochrany SR skúšky na konkrétnych káblových vedeniach. Potreba takýchto praktických skúšok je v tom, že sme pri výpočtoch neuvažovali o káblových vedeniach ako celku, ale len o ich medených vodičoch. Takýto pohľad by mohol viesť k nie úplne presným záverom, pretože správanie sa elektrických káblov v požiarňi nie je založené len na zvyšovaní odporu holého medeného vodiča, ale môže dochádzať k tepelným javom súvisiacim s materiálmi izolácií, ich hrúbkami a geometrickým usporiadaním v konštrukcii kábla. Konkrétna skúšobná zostava káblov bola navrhnutá na základe skúseností z praxe a boli pri nej použité káble rôznych konštrukcií a s medenými jadrami od priemeru 0,8 mm až do prierezu 50 mm^2 . Metodika merania odporu bola navrhnutá v spolupráci s odborníkmi z katedry elektrotechnológie FEI STU Bratislava. Výsledky sú momentálne spracúvané, podrobne analyzované a porovnávané s uvedenými teoretickými výpočtami. Výsledkom porovňávania budú potrebné údaje pre stanovenie tzv. **redukčného súčiniteľa vplyvu konštrukcie kábla T_{gr}** , ktorý by pomohol zrealizovať výsledky teoretických výpočtov úbytkov napätí, elektrického napájania pre požiarňotechnické, technické a technologické zariadenia v stavbe v prípade požiaru a ich vhodnej kompenzácie.

Navrhovaná definícia: **Redukčný súčiniteľ vplyvu konštrukcie kábla T_{gr}** je podiel teoretickej hodnoty úbytku napätia, ktoré vznikne na vedení z holých vodičov daného priemeru alebo prierezu s dĺžkou 1m pri pôsobení teploty požiaru, k hodnote úbytku napätia, ktorý vznikne na 1 m dlhom káblovom vedení s vodičmi takého istého prierezu alebo priemeru za tých istých teplotných podmienok požiaru. Teplotná krivka pôsobenia požiaru je v zmysle STN EN 1363-1.

Pre zaujímavosť uvádzam na obr. 5 grafické vyhodnotenie nameraných úbytkov napätí na káblach rôznych konštrukcií a prierezov. Na obr. 6 je porovnanie úbytku napätia, ktorý je teoreticky vypočítaný pre vedenie z holých medených vodičov s priemerom 0,8 mm, a úbytku napätia na káblovom vedení



Obr. 5 Násobky úbytku napätia elektrických káblov

Obr. 6 Úbytky napätia elektrických káblov φ 0,8 mmObr. 7 Úbytky napätia elektrických káblov φ 35 mm

Obr. 8 Vplyv konštrukcie kábla na úbytok napätia

s vodičmi toho istého prierezu v kábli. Konkrétne bol skúšaný kábel konštrukcie JE-H(St)H 1x2,0,8. Z grafu je zjavné, že výsledky meraní naznačujú predpoklady existencie redukčného súčiniteľa vplyvu konštrukcie kábla T_{gf} , ktorý spôsobuje rozdiely v reálnom priebehu úbytkov napätia oproti teoretickým

predpokladom. Na obr. 7 je na grafe uvedené to isté porovnanie ako v predchádzajúcom prípade, ale pre prierezy vodičov 35 mm². Konkrétne bol skúšaný kábel s väčšou konštrukciou NHHH-J 4x35.

Keď porovnáme grafy na obr. 6 a obr. 7, vidíme, že s nárastom konštrukcie kábla sa zväčšuje aj plocha ohraničená priebehom vypočítaného úbytku napätia (modrý) a priebehom reálne nameraného úbytku na káblovom vedení (červený). To je dôkazom toho, že konštrukcia kábla má vplyv na hodnoty úbytku napätia v prípade požiaru a že so zvyšujúcim objemom nekoveých častí kábla tento vplyv rastie.

Na obrázku č. 8 je znázornená hodnota redukčných faktorov pre skúšané konštrukcie káblov v 30, 60. a 90. minúte trvania požiaru.

ZÁVER

Podrobné riešenie úbytkov napätia môže zabezpečiť reálne požiadavky v dimenzovaní špeciálnych káblov pre elektrické okruhy, ktoré musia byť počas požiaru funkčné. Ak sa analyzovaná problematika podcení, môže nastať moment, keď dôležité požiarotechnické zariadenia ostávajú bez dostatočnej elektrickej energie práve v čase, keď majú tieto zariadenia prispievať k záchrane životov, ochrane majetku alebo by mali zabezpečovať dodávku vody, odvod spločín horenia a pod. Preto je potrebné venovať aj tejto problematike zaslúženú pozornosť. Výsledky doterajších výskumov v tejto oblasti sú zakomponované do najnovšej verzie predpisu APPO TN 002. Z uvedených príkladov spôsobu kompenzácie nežiaducich úbytkov napätia najmä spôsobu b) a c) v článku 1.2.4. je zjavné, že už pri riešení požiarnej bezpečnosti stavby je nevyhnutné uvažovať o technických požiadavkách na káblové systémy pre zabezpečenie trvalej dodávky elektrickej energie z hľadiska umiestnenia týchto káblových trás. Skúsenosti z doterajšej praxe navrhovania stavieb totiž často ukazujú, že káblové rozvody sa projekčne navrhujú až v záverečných fázach projektu, keď je už dispozičné riešenie stavby aj jej technológií hotové a veľmi ťažko meniteľné. Toto v mnohých prípadoch zneumožňuje dodržať požiadavky pre správnu realizáciu elektrických káblových systémov s funkčnou odolnosťou v požari. Je preto potrebné, aby boli tieto nedostatky koordinácie pri projektovaní stavby a navrhovaní riešenia jej protipožiarnej bezpečnosti čo najskôr odstránené.

POUŽITÁ LITERATÚRA

1. STN 92 0205 Správanie sa stavebných materiálov a výrobkov v požari. Zachovanie funkčnej odolnosti elektrických káblových systémov. Požiadavky a skúšky
2. STN 33 2000-5-52 Elektrické inštalácie budov. Časť 5: Výber a stavba elektrických zariadení. Kapitola 52: Elektrické rozvody.
3. STN EN 1363-1 Skúšanie požiarnej odolnosti. Časť 1: Základné požiadavky
4. APPO TN 002 Technické požiadavky na káblové systémy s funkčnou odolnosťou v požari (Smernica pre navrhovanie, realizáciu a kontrolu), APPO 2008

Lektor: Pplk. Mgr. Pavol Komár

Požiarne vlastnosti káblov – reakcia na oheň (2)

Ing. František Gilian, Asociácia pasívnej požiarnej ochrany SR

Článok volne nadväzuje na materiál uverejnený v Spravodajcovi č. 4/2008. Ako uvádza autor, dňa 27.10. 2006 vstúpilo do platnosti rozhodnutie Európskej komisie č. 2006/751/ES, v ktorom sa zavádzajú triedy reakcie káblov na oheň. Pretože je iba otázkou času, kedy sa tieto triedy doplnia do STN EN 13501-1, je vhodné oboznámiť čitateľov s obsahom jednotlivých tried reakcie káblov na oheň a s doterajšími skúsenosťami v podmienkach Slovenska.

■ ÚVOD

Problematiku požiarnej vlastnosti káblov a ich použitie v stavbách upravuje vyhláška Ministerstva vnútra SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na požiarne bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, a to v prílohe č. 14. V Európskej únii však už v súčasnosti platí rozhodnutie Európskej komisie č. 2006/751/ES, ktorým sa dopĺňa do rozhodnutia 2000/147/ES tabuľka 4 „Triedy reakcie na oheň

nodušenie hodnotenia viacerých protipožiarnej vlastností káblov pomocou jedného označenia príslušnou triedou reakcie na oheň s doplnkovou klasifikáciou. Základné vlastnosti jednotlivých klasifikačných tried podľa rozhodnutia komisie č. 2006/751/ES sú uvedené v tabuľke č. 1.

V doterajších hodnoteniach káblov chýbalo viacero dôležitých kritérií, ktoré by napríklad hodnotili teplo vznikajúce pri horení káblov. Hodnotenie bolo

Electric Cables s časom trvania skúšky 20 minút), ktorá využíva dva skúšobné scenáre (Scen 1 a Scen 2) podľa prEN 50399. Metodika FIPEC₂₀ sa aplikuje pre káble zatriedované do klasifikačných tried B1_{ca}, B2_{ca}, C_{ca} a D_{ca}. Obsahuje hodnotenie kábla podľa rôznych kritérií v závislosti od jednotlivých klasifikačných tried okrem triedy A_{ca}, E_{ca} a F_{ca}. Druhým hodnotiacim kritériom vo všetkých klasifikačných triedach, okrem triedy F_{ca} je skúška šírenia plameňa samostatne stojaceho kábla alebo vodiča daného typu podľa STN EN 60332-1-2. V tomto prípade nesmie byť dĺžka zuhoľnatia izolácie väčšia ako 425 mm (H ≤ 425 mm).

Na nasledujúcich obrázkoch 1, 2 a 3 je pohľad na skúšobné zariadenie pre realizáciu metodiky FIPEC₂₀ podľa prEN 50399.

Pre stanovenie najvyššej klasifikačnej triedy A_{ca} sa používa metóda uvedená v EN ISO 1716 a kritériom dosiahnutia tejto triedy je hodnota spalného tepla PCS ≤ 2 MJ/kg. Takéto hodnoty nie je ani zďaleka možné dosiahnuť pri štandardne vyrábaných bezhalogénových kábloch. Preto má táto trieda len informatívny význam. V tab. 1 vidíme, že pre túto triedu nie je požadovaná žiadna doplnková klasifikácia.

Uplatnenie metodiky FIPEC₂₀ sa začína od klasifikačnej triedy B1_{ca} na ktorú

Tab. 1 Triedy reakcie na oheň elektrických káblov

| Trieda | Skúšobný predpis | Kritériá | Doplnková klasifikácia |
|------------------|----------------------------------|--|------------------------|
| A _{ca} | EN ISO 1716 | PCS ≤ 2,0 MJ.kg ⁻¹ | - |
| B1 _{ca} | FIPEC20 Scen 2 a EN 60332-1-2 | FS ≤ 1,75 m THR1200s ≤ 10 MJ | tvorba dymu |
| | | HRR _{max} ≤ 20 kW FIGRA ≤ 120 W.s ⁻¹ | horiace kvapky |
| B2 _{ca} | FIPEC20 Scen 1 a EN 60332-1-2 | FS ≤ 1,5 m THR1200s ≤ 15 MJ | tvorba dymu |
| | | HRR _{max} ≤ 30 kW FIGRA ≤ 150 W.s ⁻¹ | horiace kvapky |
| C _{ca} | FIPEC20 Scen 1 a EN 60332-1-2 | FS ≤ 2 m THR1200s ≤ 30 MJ | tvorba dymu |
| | | HRR _{max} ≤ 60 kW FIGRA ≤ 300 W.s ⁻¹ | horiace kvapky |
| D _{ca} | FIPEC20 Scen 1 a EN 60332-1-2 | THR1200s ≤ 70 MJ | tvorba dymu |
| | | HRR _{max} ≤ 400 kW FIGRA ≤ 1300 W.s ⁻¹ | horiace kvapky |
| E _{ca} | EN 60332-1-2 | H ≤ 425 mm | - |
| F _{ca} | | bez definície požiadaviek | |

elektrických káblov“ a ďalšie údaje súvisiace s klasifikáciou elektrických káblov. Uvedené rozhodnutie je podkladom pre novelizáciu normy STN EN 13501-1, do ktorej bude klasifikácia reakcie na oheň elektrických káblov doplnená. V dôsledku toho budú vlastnosti káblov **ZO** – odolný voči šíreniu plameňa a **BH** – bezhalogénový s nízkou hustotou dymu pri horení nahradené klasifikačnými triedami podľa rozhodnutia komisie č. 2006/751/ES.

V tomto článku by som chcel čitateľom priblížiť problematiku skúšania a klasifikovania káblov do jednotlivých tried reakcie na oheň a doplnkových klasifikácií aj s uvedením výsledkov skúšok štandardne vyrábaných bezhalogénových káblov. Cieľom novej klasifikácie je zjed-

zamerané len na tvorbu dymu z pohľadu jeho optickej hustoty, obsah halogénových plynov v spalinách horenia a schopnosť vertikálneho šírenia plameňa. Nová klasifikácia tried reakcie káblov na oheň je rozšírená o ďalšie kritériá, ktoré si v nasledujúcom texte podrobnejšie predstavíme.

Klasifikačné triedy a kritériá ich dosiahnutia

Základom je rozdelenie káblov podľa dosiahnutých výsledkov v skúškach do klasifikačných tried A_{ca}, B1_{ca}, B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca}, E_{ca}, F_{ca}.

Celá metodika skúšania a hodnotenia je založená na hlavnom posudzovaní vlastností pri horení pomocou tzv. metodiky FIPEC₂₀ (Fire Performance of



Obr. 1 Skúšobná zvislá komora

sa uplatňuje scenár 2. Test FIPEC₂₀ Scen 2 používa skúšobný horák s výkonom 30,7 kW a merané veličiny sa určujú podľa prEN 50399-2-2. V rámci tejto metodiky sa pri kábli zisťujú nasledujúce parametre:

a) šírenie plameňa FS ≤ 1,75 m.



Obr. 2 Potrubie pre analýzu tepla a splodín horenia



Obr. 3 Analyzátor tepla a splodín horenia s pomocnou aparátúrou

Poškodená dĺžka skúšobnej vzorky nesmie presiahnuť uvedenú hodnotu,

- b) celkové uvoľnené teplo $THR_{1200s} \leq 10 \text{ MJ}$,
- c) maximálna hodnota priemernej rýchlosti uvoľňovania tepla max. $HRR \leq 20 \text{ kW}$,
- d) index rýchlosti rozvoja požiaru $FIGRA \leq 120 \text{ W/s}$.

Šírenie plameňa samostatne stojaceho kábla alebo vodiča daného typu sa určuje podľa STN EN 60332-1-2. Nesmie byť prekročená hodnota kritéria $H \leq 425 \text{ mm}$.

Pri štandardne vyrábaných káblach je dosiahnutie tejto klasifikačnej triedy taktiež prakticky nemožné (okrem kritéria H). Vyžadovalo by to použitie materiálov izolácií žíl a plášťov káblov, ktoré nevyhovujú požiadavkám z hľadiska tvorby dymu a obsahu halogénov v splodínach

horenia.

Na stanovenie klasifikačných tried $B2_{ca}$, C_{ca} a D_{ca} sa využíva metodika FIPEC₂₀ scenár 1. Test FIPEC₂₀ Scen 1 používa skúšobný horák s výkonom 21 kW a merané veličiny sa určujú podľa prEN 50399-2-1. Pre triedu $B2_{ca}$ sa zisťujú nasledujúce parametre:

- a) šírenie plameňa $FS \leq 1,5 \text{ m}$. Poškodená dĺžka skúšobnej vzorky nesmie prekročiť uvedenú hodnotu,
- b) celkové uvoľnené teplo $THR_{1200s} \leq 15 \text{ MJ}$,
- c) maximálna hodnota priemernej rýchlosti uvoľňovania tepla max. $HRR \leq 30 \text{ kW}$,
- d) index rýchlosti rozvoja požiaru $FIGRA \leq 150 \text{ W/s}$.

Aj v tomto prípade sa šírenie plameňa samostatne stojaceho kábla alebo vodiča daného typu určuje podľa STN EN



Obr. 4 Vzorka káblov pred skúškou

60332-1-2. Rovnako ako v prípade klasifikačnej triedy $B1_{ca}$ nesmie byť prekročená hodnota kritéria $H \leq 425 \text{ mm}$.

Klasifikačná trieda $B2_{ca}$ je už reálne dosiahnuteľná a vykonané skúšky naznačujú, že niektoré špeciálne používané izolčné bezhalogénové materiály káblov sú schopné za určitých podmienok vyhovieť tejto klasifikácii, napr. káble typu NHXH s funkčnou odolnosťou v požiari podľa STN 92 0205. Je to však spojené s nutnosťou realizácie patričných hrúbok izolácií pre jednotlivé konštrukcie káblov. V tejto súvislosti je potrebné upozorniť, že snahy výrobcov káblov o optimalizáciu predpísaných hrúbok izolácií plášťov a žíl z finančných dôvodov budú v takomto prípade maximálne obmedzené. V každom prípade treba rátať s navýšením finančných nákladov na výrobu káblov s klasifikačnou triedou $B2_{ca}$ oproti súčasne štandardne vyrábaným káblom. Na obr. 4 je skúšobná vzorka káblov pred skúškou, obr. 5 počas skúšky, obr. 6 po úspešnej skúške s klasifikačnou triedou $B2_{ca}$. Na obr. 7 je vzorka kábla po úspešnej skúške na vertikálne šírenie plameňa.

Pre triedu C_{ca} sa zisťujú nasledujúce parametre:

- a) šírenie plameňa $FS \leq 2 \text{ m}$. Poškodená dĺžka skúšobnej vzorky nesmie prekročiť uvedenú hodnotu,
- b) celkové uvoľnené teplo $THR_{1200s} \leq 30 \text{ MJ}$,
- c) maximálna hodnota priemernej rýchlosti uvoľňovania tepla max. $HRR \leq 60 \text{ kW}$,
- d) index rýchlosti rozvoja požiaru $FIGRA \leq 300 \text{ W/s}$.

Aj v tomto prípade sa šírenie plameňa samostatne stojaceho kábla alebo vodiča daného typu určuje podľa STN EN

60332-1-2. Rovnako ako v prípade klasifikačných tried B1_{ca} a B2_{ca} nesmie byť prekročená hodnota kritéria H ≤ 425 mm.

Klasifikačnú triedu C_{ca} spĺňa väčšina štandardne vyrábaných typov bezhalogénových káblov s funkčnou odolnosťou v požiari podľa STN 92 0205, ktoré majú predpísané hrúbky izolácií podľa jednotlivých konštrukcií daného typu kábla.

Pre triedu D_{ca} sa zisťujú nasledujúce parametre:

- celkové uvoľnené teplo $THR_{1200s} \leq 70 \text{ MJ}$,
- maximálna hodnota priemernej rýchlosti uvoľňovania tepla max. $HRR \leq 400 \text{ kW}$,
- index rýchlosti rozvoja požiaru $FIGRA \leq 1\,300 \text{ W/s}$.
- šírenie plameňa samostatne stojaceho kábla alebo vodiča daného typu sa určuje podľa STN EN 60332-1-2; nesmie byť prekročená hodnota kritéria H ≤ 425 mm.

Na stanovenie klasifikačnej triedy E_{ca} sa využíva len metodika šírenia plameňa samostatne stojaceho kábla alebo vodiča daného typu podľa STN EN 60332-1-2. Nesmie byť prekročená hodnota kritéria H ≤ 425 mm. Taktiež nie je požadovaná doplnková klasifikácia pre túto triedu.

Túto klasifikačnú triedu spĺňa väčšina štandardne vyrábaných typov bezhalogénových káblov vyhovujúcich požiadavke na vlastnosť BH a ZO, ktoré majú predpísané hrúbky izolácií podľa jednotlivých konštrukcií daného typu kábla.

Klasifikačná trieda F_{ca} je uvedená bez definície charakteristík, čo znamená, že do tejto triedy patria všetky káble, ktoré nevyhoveli požiadavkám vyšších klasifikačných tried, alebo káble, ktoré z hľadiska reakcie na oheň neboli skúšané.

Doplnkové klasifikácie

Doplnkové klasifikácie zabezpečujú hodnotenie kábla z pohľadu tvorby dymu **s**, tvorby horiacich kvapiek alebo častíc **d** a kyslosti a vodivosti splodín horenia **a**.

s(1, 1a, 1b, 2, 3) – tvorba dymu

Výsledkom posudzovania tvorby dymu je päť úrovní doplnkovej klasifikácie. Ako kritérium sa využívajú údaje zo skúšky podľa prEN 50399.

- TSP_{1200} – celková produkcia vytvoreného dymu v čase 1200 s [m^3/m],
- max. SPR – maximálna hodnota priemernej rýchlosti tvorby dymu [m^2/s].

Ďalším hodnotiacim kritériom je priesvitnosť vytvoreného dymu podľa STN EN 61043-2.

s1 = $TSP_{1200} \leq 50 \text{ m}^3/\text{m}$ a max. SPR ≤ 0,25 m^2/s
s1a = s1 a priesvitnosť podľa STN EN 61043-2 ≥ 80 %



Obr. 5 Vzorka káblov počas skúšky



Obr. 6 Vzorka káblov po skúške



Obr. 7 Vzorka kábla po skúške podľa STN EN 60322-1-2

s1b = s1 a priesvitnosť podľa STN EN 61043-2 ≥ 60 % < 80 %

s2 = $TSP_{1200} \leq 400 \text{ m}^3/\text{m}$ a max. SPR ≤ 1,5 m^2/s
s3 nespĺňa s1 ani s2

Výsledky zo skúšok štandardne vyrábaných bezhalogénových káblov zodpovedajú doplnkovej klasifikácii na úrovni s1a a s1b.

d(0, 1, 2) – tvorba horiacich kvapiek alebo častíc

Výsledkom posudzovania tvorby horiacich kvapiek alebo častíc sú tri úrovne doplnkovej klasifikácie. Ako kritérium sa využívajú údaje zo skúšky podľa prEN 50399.

d0 – žiadne horiace kvapky alebo častice počas trvania skúšky 1200 s.

d1 – žiadne horiace kvapky alebo častice pretrvávajúce dlhšie ako 10 s počas trvania skúšky 1200 s.

d2 – nespĺňa d0 ani d1

Výsledky zo skúšok štandardne vyrábaných bezhalogénových káblov preukázali, že úroveň kritéria d0 je veľmi ťažko dosiahnuteľná vzhľadom na štandardne používané materiály v kábloch, ktoré majú pri horení kábla umiestneného v zvislom smere občasnú tendenciu odpadávať, prípadne odkvapkávať. Reálne dosiahnuteľné kritériá sú d1 a d2.

Na celý problém odkvapkávania a odpadávania horiacich častíc káblov sa treba pozerať z praktického hľadiska. Káble v elektrických rozvodoch, ktoré by pri horení mohli predstavovať nebezpečenstvo odkvapkávaním a odpadávaním horiacich častí sú inštalované v drvinej väčšine prípadov v priestore vodorovne. Zvislé inštalácie sú realizované len minimálne a v takých častiach stavieb, kde takéto riziko nesúvisí priamo z ohrozením pohybujúcich sa osôb. Pri vodorovnej

inštalácii káblov z veľkého počtu vykonaných skúšok napr. podľa STN 92 0205 dochádza pri použití súčasne vyrábaných bezhalogénových káblov k minimálnemu až nepozorovateľnému výskytu takýchto javov. Riešením vedúcim k zabráneniu tohto potenciálneho nebezpečenstva je realizovať v priestoroch, kde je to nevyhnutné, vodorovné inštalácie v žľaboch.

a (1, 2, 3) – vodivosť a kyslosť spodín horenia

Výsledkom posudzovania vodivosti a kyslosti spodín horenia sú štyri úrovne doplnkovej klasifikácie. Ako kritérium sa využívajú údaje zo skúšky podľa STN EN 50267-2-3.

a1 - vodivosť < 2,5 μ S/mm a pH > 4,3

a2 - vodivosť < 10 μ S/mm a pH > 4,3

a3 - nespĺňa a1 ani a2

bez prehlásenia - bez definície charakteristík

Výsledky zo skúšok štandardne vyrábaných bezhalogénových káblov zodpovedajú doplnkovej klasifikácii na úrovni a1.

POZNATKY

Z PRAKTICKÝCH SKÚŠOK

Aktuálne výsledky skúšok štandardných bezhalogénových káblov podľa návrhu normy prEN 50399 skutočne dokazujú rozdielnosť výsledkov a dosiahnutých tried reakcie na oheň. Ako príklad uvedieme, že rôzne konštrukcie kábla s rôznymi priemermi, hoci sú káblami toho istého typu, sú podľa výsledku skúšky zaradené do rôznych tried reakcie na oheň v rozsahu B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca} i E_{ca}. Dôvodom rozdielu týchto výsledkov štandardne vyrábaných káblov môže byť aj snaha výrobcov optimalizovať až minimalizovať náklady na výrobu jednotlivých konštrukcií, čo sa najnepriaznivejšie prejavuje na výsledkoch malých konštrukcií káblov. Pri minimalizovaní hrúbok izolácií plášťov dochádza pri horení k tomu, že sa oheň dostáva veľmi rýchlo cez plášť k výplňovej zmesi, ktorá je štandardne vyrábaná z polyetylénových materiálov. Polyetylény sú materiály, ktoré horia pomerne úspešne (záleží na objeme retardérov horenia), a tak oheň nemá problém postupovať po tejto vrstve ďalej. Tým sa vytvárajú dobré podmienky na dodatočné narastanie tepla, a tak sa prekračujú stanovené hodnoty kritérií pre vyššie klasifikačné triedy. Druhým dôvodom horších výsledkov malých konštrukcií káblov môže byť nepriaznivý objemový pomer kovových a nekovových materiálov, ktorý hovorí výrazne v prospech nekovových zložiek (plastov). Keď si predstavíme, koľko konštrukcií a priemerov káblov daného typu existuje vo výrobnom sortimente každého výrobcu, tak si dokážeme predstaviť, aké náklady na skúšky predstavuje klasifikovanie celého výrobného sortimentu daného typu kábla na reakciu na oheň v prípade, že by nebola stanovená meto-

dika výberu reprezentatívnych konštrukcií vzoriek z celého typového radu. Po odskúšaní týchto konštrukcií v prípade, že boli zaradené na základe výsledku skúšok do jednej triedy, by platila táto klasifikačná trieda aj pre všetky vyrábané konštrukcie daného typu kábla.

Z uvedeného je zrejmé, že problematika klasifikácie káblov podľa reakcie na oheň je veľmi zaujímavá a v žiadnom prípade nie jednoduchá. Pravdepodobne do konca roku 2010, na základe aktivít európskeho projektu CEMAC, môžeme očakávať, že pre optimalizáciu a racionalizáciu skúšania káblov v reakcii na oheň bude vydané Rozhodnutie komisie o rozšírení aplikácii výsledkov skúšok káblov. Výsledkom tohto projektu je stanovenie reprezentatívnych káblových konštrukcií daného typu kábla, ktorých skúšaním by sa stanovila klasifikačná trieda reakcie na oheň pokrývajúca celý konštrukčný rad daného typu kábla.

Asociácia výrobcov káblov a vodičov Českej republiky a Slovenskej republiky v spolupráci s Elektrotechnickým skúšobným ústavom, š. p., Praha, PAVUS, a. s., Praha taktiež aktívne pristupuje k tomuto projektu. Na základe výsledkov mnohých skúšok spracovala Technické pravidlo k prEN 50399, podľa ktorého by mal prebiehať výber reprezentatívnych konštrukcií silových napájacích aj ovládacích a oznamovacích káblov.

Pravidlo 1: Silové napájacie káble (počet vodičov x prierez vodiča)

3x1,5 mm², 4x10 mm², 4x95 mm²

– najmenší priemer s najväčším počtom žíl

Pravidlo 2: Ovládacie a oznamovacie káble – požadované skúšobné dimenzie:

– najmenší priemer (prierez) s najmenším počtom žíl

– najmenší priemer (prierez), ležiaci uprostred radu dimenzií. V prípade párneho počtu dimenzií sa skúša kábel s najbližším nižším počtom žíl

– najmenší priemer (prierez) s najväčším počtom žíl

Pravidlo 3: Optické káble

– najmenší počet vlákien v rozsahu

– najväčší počet vlákien v rozsahu

Klasifikácia:

– Pri dosiahnutí rovnakých klasifikácií pri vybraných vzorkách sa klasifikácia vzťahuje na všetky vyrábané prierezy a konštrukcie daného typu kábla

– Pri dosiahnutí rozdielných klasifikácií pri vybraných vzorkách je možné klasifikovať časť prierezového a konštrukčného radu daného typu kábla alebo len konkrétnu konštrukciu

ZÁVER

Z uvedených skutočností je zrejmé, že klasifikáciu káblov v reakcii na oheň je možné zaviesť do praxe len v prípade, ak bude existovať dohodnutý stanovený postup overovania vlastností káblov. Preto je na mieste otázka, či v Slovenskej republike bude akceptované dohodnuté Technické pravidlo k prEN 50399 na stanovenie výberu vzoriek, alebo sa bude čakať na platnosť EN 50399 s pravidlom rozšírenej aplikácie výsledkov skúšok káblov. Odpoveď na túto otázku je dôležitá vzhľadom na potrebu dokončenia novely § 91 vyhlášky Ministerstva vnútra SR č. 94/2004 Z. z. a neistého reálneho termínu nadobudnutia platnosti EN 50399.

POUŽITÁ LITERATÚRA

1. Vyhláška Ministerstva vnútra SR č. 94/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb
2. Rozhodnutie komisie 2006/751/ES z 27. októbra 2006, ktorým sa mení a dopĺňa rozhodnutie 2000/147/ES, ktorým sa vykonáva smernica Rady 89/106/EHS, pokiaľ ide o klasifikáciu reakcie na oheň stavebných výrobkov
3. STN EN 13501-1 Klasifikácia požiarneho charakteristik stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň
4. prEN 50399-2-1 Skúšobné metódy pre káble v podmienkach požiaru. Meranie množstva uvoľneného tepla a dymu na kábloch pri skúške šírenia plameňa. Časť 2-1: Postup pre klasifikáciu do tried C a D
5. prEN 50399-2-2 Skúšobné metódy pre káble v podmienkach požiaru. Meranie množstva uvoľneného tepla a dymu na kábloch pri skúške šírenia plameňa. Časť 2-2: Postup pre klasifikáciu do triedy B
6. STN EN 60332-1-2 Skúšky elektrických a optických káblov v podmienkach požiaru. Časť 1-2: Skúška samostatného izolovaného vodiča alebo kábla proti vertikálnemu šíreniu plameňa. Postup pre 1 kW zmiešaný plameň
7. STN EN 61034-2 Všeobecné skúšobné metódy káblov v podmienkach požiaru. Meranie hustoty dymu pri horení káblov za definovaných podmienok. Časť 2: Skúšobný postup
8. STN EN 50267-2-3 Spoločné metódy skúšok káblov v podmienkach požiaru. Skúšky plynov vznikajúcich pri horení materiálov káblov. Časť 2-3: Postupy – Určenie stupňa kyslosti plynov počas horenia materiálov káblov meraním váženého priemeru pH a vodivosti
9. STN 92 0205 Správanie sa stavebných materiálov a výrobkov v požiaru. Zachovanie funkčnej odolnosti elektrických káblových systémov. Požiadavky a skúšky

Lektor: Ing. Ján Dekánek

Snímky: autor