

Scelta dei cavi in relazione al comportamento al fuoco

Le principali caratteristiche che progettisti ed installatori devono considerare per la sicurezza dell'impianto elettrico

I cavi elettrici rappresentano uno dei componenti d'impianto in bassa tensione la cui normale collocazione offre da un lato le maggiori difficoltà di sostituzione o adeguamento e dall'altro ne rende problematica anche la valutazione dello stato d'invecchiamento.

Sul medio e lungo periodo risulta, quindi, più che mai strategica una corretta scelta ed installazione dei cavi, prevedendo sia margini adeguati, ma non eccessivi, sia condizioni d'installazione che favoriscano le verifiche e gli interventi di manutenzione e adeguamento che si dovessero rendere necessari.

Tralasciando le problematiche legate al dimensionamento vero e proprio, diversi fattori influenzano la scelta del cavo, tra cui il comportamento in caso d'incendio.

Le principali caratteristiche che il progettista e l'installatore devono considerare nella scelta del tipo di cavo in relazione al comportamento al fuoco sono:

- 1) non propagazione della fiamma o dell'incendio;
- 2) ridotta emissione di gas tossici e corrosivi e di fumi opachi;
- 3) resistenza al fuoco.



Ciascuna caratteristica è sinteticamente discussa nei paragrafi seguenti in termini generali, in relazione alle corrispondenti tipologie di cavo e ai principi tecnologici utilizzati per conferire al cavo il comportamento desiderato

1) Non propagazione della fiamma o dell'incendio

I cavi la cui reazione al fuoco è limitata alla resistenza alla propagazione dell'incendio o della fiamma impediscono, o quanto meno ritardano, la diffusione del fuoco alle zone interessate dal loro percorso, ma non esplicano alcuna azione di protezione attiva nei confronti di persone e cose.

È opportuno ricordare che, anche escludendo il caso di un'errata protezione del cavo contro le sovracorrenti, la combustione dei materiali organici costituenti isolamento, riempitivo e guaina può essere facilmente innescata anche da un incendio che, per una qualunque causa, abbia origine nelle immediate vicinanze, a meno che questi non siano stati convenientemente scelti e resi resistenti al fuoco.

Da oltre vent'anni, la tecnologia ha messo a disposizione di progettisti ed installatori tipologie di cavi capaci di ovviare a tale pericolo: si tratta dei cavi in grado di superare una delle prove di non propagazione previste dalla Norma CEI 20-22 e dalla Norma CEI 20-35.

Tralasciando la caratteristica di non propagazione della fiamma (CEI 20-35), che attualmente risulta un requisito minimo comune a tutti i cavi in commercio e che pertanto non deve nemmeno essere veicolato come un plus nei capitolati e nelle offerte, per quanto riguarda le prove previste dalla Norma CEI 20-22 in merito alla non propagazione dell'incendio si può osservare che esse vengono eseguite su un fascio di cavi a disposizione verticale e si differenziano sia per la consistenza del fascio in termini di quantitativo di materiale non metallico (10 kg/m, col metodo di cui alla parte 2a; 1,5 l/m, col metodo di cui alla parte 3a), sia per la diversa apparecchiatura di prova¹.



Prova non propagazione alla fiamma

Le tipologie di cavi in oggetto comprendono:

- cavi senza guaina, con isolamento termoplastico (PVC) e conduttore a filo unico, corda rigida o flessibile, a sigla N07V-U/R/K, in tutto simili al tipo H07V-U/R/K della Norma CEI 20-20, ma che garantiscono in più il superamento della prova di non propagazione a Norma CEI 20-22, parte 2a;
- cavi flessibili uni o multipolari per energia, o multipolari per segnalamento e controllo, per posa mobile, con conduttore flessibile, isolamento, riempitivo e guaina in PVC ed eventuale schermo in treccia di rame, a sigla FROR o FROH2R 450/750 V, sostanzialmente rispondenti ai requisiti dimensionali e di prova desunti, per equivalenza, della Norma CEI 20-20, ma che garantiscono in più il superamento della prova di non propagazione in conformità alla Norma CEI 20-22, parte 2a;
- cavi uni o multipolari per posa fissa, con conduttori a filo unico o a corda rigida o flessibile, isolamento, riempitivo e guaina in PVC ed eventuale schermo a nastri, fili, o treccia di rame rispondenti ai requisiti della Norma costruttiva CEI 20-14 ed a quelli della già menzionata Norma CEI 20-22, parte 2a;
- cavi uni o multipolari, per posa fissa, tensione nominale 0,6/1 kV, con conduttori a filo unico o corda rigida o flessibile, isolamento in EPR qualità G7, riempitivo e guaina in PVC ed eventuale schermo a nastri, fili o treccia di rame, a sigla U/R/FG7R (unipolari per energia senza schermo), U/R/FG7OR (multipolari per energia e per segnalamento senza schermo), U/R/FG7OH1R (multipolari con schermo a nastri o fili), FG7OH2R (multipolari con schermo o treccia).



Prova non propagazione incendio

Il meccanismo che presiede la caratteristica di non propagazione è essenzialmente basato sulla presenza dell'atomo di cloro nella molecola del PVC ed in quella di un altro componente, la cloroparaffina, che interviene normalmente, in quantità più o meno grandi, nella composizione delle mescole termoplastiche d'isolamento, riempitivo e guaina.

Durante la combustione, il cloro, liberandosi in forma gassosa, esplica un'azione di avvelenamento chimico/fisica della combustione stessa, impedendone, quindi, se in quantità sufficiente, la propagazione.

Tale vantaggio viene pagato, però, con l'immissione nell'atmosfera di tale gas fortemente tossico e corrosivo e, quindi, altamente dannoso per persone e cose.

Un PVC ignifugato conteneva inizialmente da 200 a 300 g di cloro per kilogrammo di mescola.

In tempi più recenti, si è cercato di ovviare parzialmente a tale inconveniente, introducendo nella mescola uno o più componenti in grado di legarsi selettivamente al cloro liberato dalla combustione, riducendo così la quantità di gas effettivamente immessa nell'ambiente fino a valori pari a circa la metà².

2) Ridotta emissione di gas tossici e corrosivi e di fumi opachi

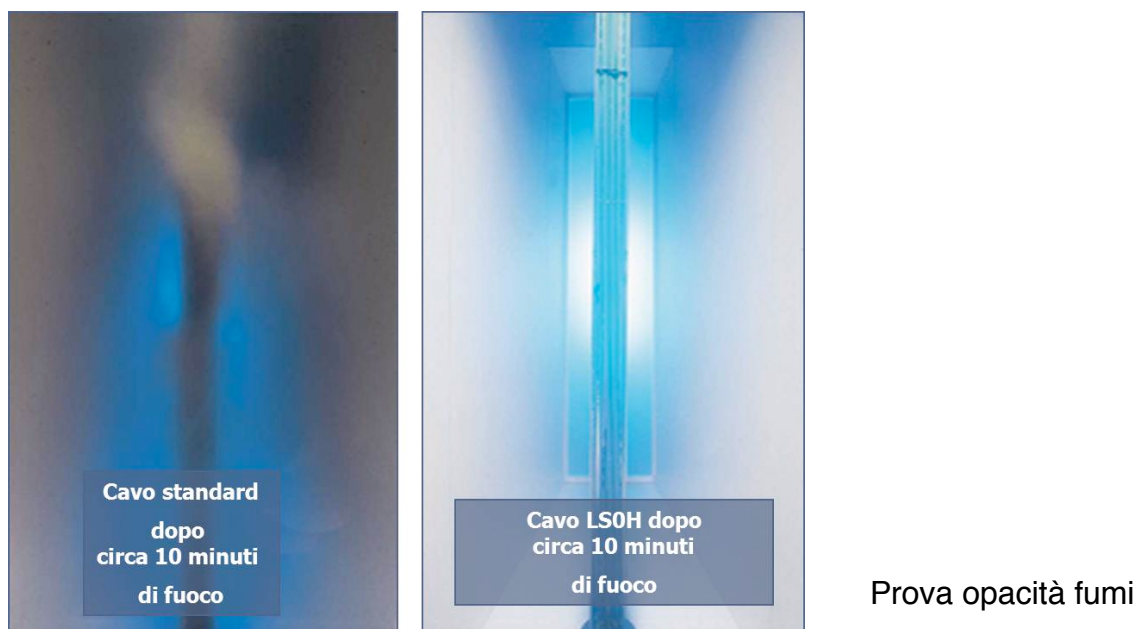
Un fattore che è opportuno prendere in considerazione è che il rivestimento isolante, se non adeguatamente scelto, durante la combustione può produrre gas (acidi alogenidrici) corrosivi e tossici, caratterizzati anche da un'elevata opacità dei fumi.

L'assenza di fumi opachi è la caratteristica di maggior rilievo di questa tecnologia, il cui sviluppo ha avuto inizio in tempi relativamente più recenti rispetto al precedente tipo di cavi, sulla spinta dell'esigenza, manifestata dai gestori di metropolitane, di mantenere, in caso d'incendio, un livello di visibilità sufficiente all'interno delle gallerie, in modo da consentire il raggiungimento delle vie di scampo³.

Per quanto riguarda i gas emessi durante la combustione, è opportuno osservare, inoltre, che essendo gli isolanti costituiti da materiali organici e poiché la combustione consiste proprio nella combinazione del carbonio (in essi contenuto) con l'ossigeno dell'aria, è inevitabile la formazione di CO e CO₂ in quantità relative che dipendono dal modo in cui avviene la combustione stessa. Dei due gas menzionati, solo il primo è dannoso per l'uomo e la composizione di questo tipo di mescole viene, quindi, particolarmente curata per ridurre al minimo il quantitativo di CO emesso (favorendo

la combustione completa delle mescole), evitando, inoltre, nel modo più assoluto, l'impiego di componenti contenenti alogeni.

In tal modo la sicurezza delle persone viene garantita e l'assenza di sostanze corrosive nei fumi di combustione impedisce che, per tale causa, vengano procurati danni anche alle cose⁴.



Il controllo del grado di opacità dei fumi e del contenuto di sostanze tossiche e corrosive dei gas emessi durante la combustione è effettuato mediante i metodi di prova previsti dalla Norma CEI 20-37.

La tipologia di cavi in oggetto è codificata nella Norma CEI 20-38, parte 1a, e comprende:

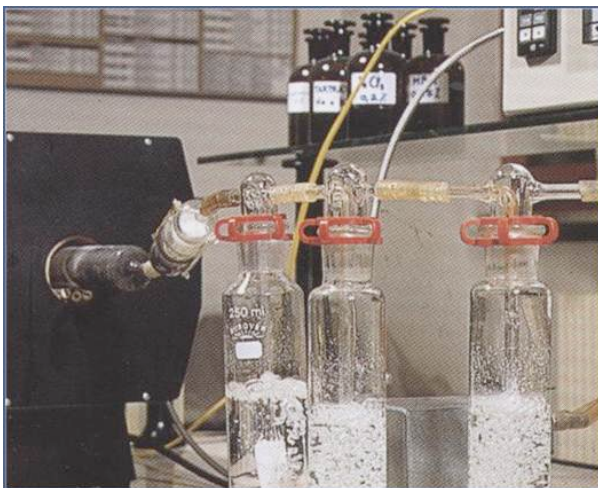
- cavi isolati senza guaina, con isolamento in EVA e conduttore a corda flessibile, a sigla N07G9-K, cavi isolati senza guaina, con isolamento termoplastico a sigla H07Z1-K, H07Z1-R avente lo stesso tipo di impiego del cavo N07V-K;
- cavi uni o multipolari per energia, o multipolari per segnalamento e controllo, tensione nominale 0,6/1 kV, con conduttori a filo unico o a corda rigida o flessibile, isolamento in gomma EPR qualità G10, guaina in mescola poliolefinica speciale tipo M1 (cavi per posa fissa) o M2 (cavi per posa mobile) e riempitivo di tipo congruente, per quanto riguarda opacità, corrosività e tossicità dei gas emessi, con i materiali di isolamento e guaina; eventuale schermo a nastri, fili, o treccia di rame; sigla U/R/FG10M1/M2 o U/R/FG10OM1/M2 (uni o multipolari

senza schermo), U/R/FG10OH1M1/M2 (uni o multipolari con schermo a nastri o fili), U/R/FG10OH2M1/M2 (multipolari con schermo a treccia).

Il meccanismo che presiede alla caratteristica di non propagazione della combustione è fondamentalmente diverso da quello, utilizzato per i cavi di cui al punto precedente, basato sull'emissione di gas cloro.

Le mescole di isolamento, riempitivo e guaina di questi cavi vengono, infatti, caricate con idrossidi metallici contenenti elevati quantitativi di acqua di cristallizzazione, che viene rilasciata in modo selettivo quando la temperatura di combustione raggiunge determinati livelli. L'acqua così rilasciata, passando allo stato di vapore, da un lato assorbe notevoli quantità di calore e, dall'altro, riduce la percentuale di ossigeno presente nell'atmosfera circostante la zona di combustione, che viene quindi contemporaneamente raffreddata e rallentata fino allo spegnimento. In alcuni casi, durante la prova di non propagazione in conformità alla Norma CEI 20-22 non si riesce ad ottenere una vera e propria fase di ignizione.

Il meccanismo descritto, evitando l'impiego di inibitori di combustione normalmente basati su composti alogenati, permette di ottenere le desiderate caratteristiche di atossicità (CO a parte) e non corrosività, senza rinunciare a quella di non propagazione⁵.



Prova quantità gas tossici e corrosivi

Cavi LSOH

I cavi costruiti secondo la tecnologia LSOH (Low Smoke Zero Halogen), aggiungono alle proprietà elettriche e meccaniche e alle normali prestazioni al fuoco dei cavi standard, caratteristiche in grado di aumentare il livello di sicurezza delle installazioni elettriche, attraverso:

- ridotte emissioni di fumi opachi e gas tossici e corrosivi;
- assenza di emissioni di gas contenenti alogeni;
- non propagazione dell'incendio;
- maggiore durata di vita (rispetto ai cavi standard).

Sulla base delle loro caratteristiche distintive, i cavi LSOH sono adatti per:

- locali ad elevata densità di affollamento;
- locali a ventilazione naturale scarsa o impedita;
- strutture a lento abbandono a causa della condizione delle persone presenti (ospedali, ricoveri per anziani);
- strutture a lento abbandono a causa della loro stessa natura (edifici storici, costruzioni molto elevate);
- edifici o parti di essi contenenti strumentazioni delicate e di valore (sale controllo, centri di calcolo);
- quadri elettrici.

I cavi svolgono un ruolo importante anche in relazione alla salvaguardia e alla protezione dell'ambiente circostante, tutelando la sicurezza delle persone e proteggendo i beni materiali.

L'impiego di cavi più sicuri a tecnologia LSOH aiuta, inoltre, a prevenire la propagazione dell'incendio dalla stanza in cui si è generato a quelle adiacenti.

In aggiunta a questo, le ridotte emissioni di fumi opachi, gas irritanti e corrosivi limitano il rischio di attacchi di panico ed i danni fisici riportati dalle persone coinvolte, e consentono di mantenere un buon livello di visibilità all'interno dell'ambiente interessato dall'incendio, facilitando l'individuazione delle uscite di emergenza e l'evacuazione dell'edificio stesso.

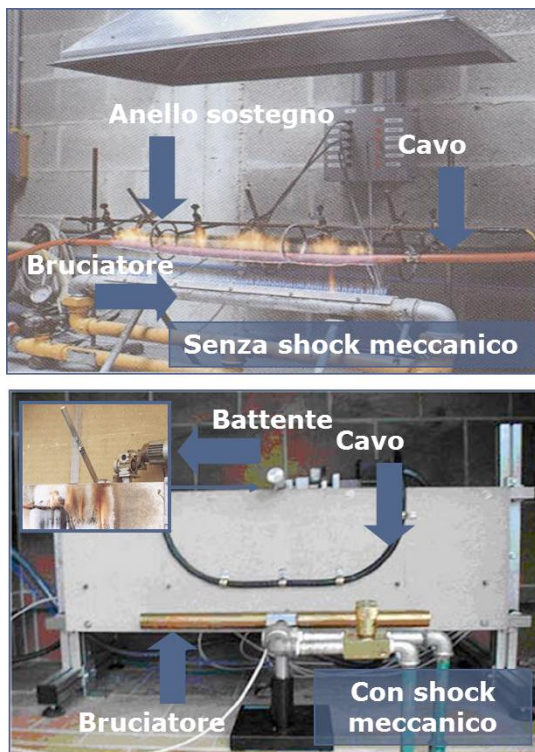
3) Resistenza al fuoco

A differenza dei tipi precedentemente trattati, i cavi resistenti al fuoco sono progettati e costruiti per continuare a funzionare per un determinato periodo di tempo anche quando interessati dall'incendio. Essi vengono, quindi, utilizzati per alimentare i servizi di emergenza, e cioè quei servizi che intervengono per segnalare

tempestivamente l'insorgere dell'incendio, per cercare di soffocarlo o almeno limitarne la diffusione e per favorire una rapida evacuazione delle persone.

Il progresso tecnologico ha messo a disposizione di progettisti ed installatori due tipologie di cavi resistenti al fuoco: ad isolamento estruso, a Norma CEI 20-45, e ad isolamento minerale, a Norma CEI 20-39.

La verifica delle caratteristiche di resistenza al fuoco viene effettuata mediante il metodo di prova descritto nella Norma CEI 20-36.



Prova resistenza al fuoco

Cavi estrusi, previsti dalla Norma CEI 20-45⁶

I tipi previsti sono i seguenti:

- cavi flessibili uni o multipolari per energia, per posa mobile, tensione nominale 0,6/1 kV, con conduttore a corda flessibile, nastro in vetro micato, isolamento in gomma EPR qualità G10, guaina in mescola (elastomerica) poliolefinica speciale tipo M2 e riempitivo di tipo congruente con i materiali di isolamento e guaina; sigla FTG10M2 (unipolari) o FTG10OM2 (multipolari);
- cavi uni o multipolari per energia, per posa fissa, tensione nominale 0,6/1 kV, con conduttore a filo unico o corda rigida o flessibile, nastro in vetro micato, isolamento in gomma EPR qualità G10, guaina in mescola (termoplastica) poliolefinica speciale tipo M1 e riempitivo di tipo congruente con i materiali di isolamento e guaina; sigla U/R/FTG10M1 (unipolari) o U/R/FTG10OM1 (multipolari);

- cavi flessibili uni o multipolari per energia, tensione nominale 0,6/1 kV, con conduttore a filo unico o corda rigida o flessibile, isolamento in gomma siliconica qualità E12 (G4), treccia chiusa di vetro trattato, guaina in mescola poliolefinica speciale tipo M2 e riempitivo di tipo congruente con i materiali di isolamento e guaina; sigla U/R/FG4T2M2 (unipolari) o U/R/FTG4T2OM2 (multipolari).

Per i primi due tipi di cavo descritti al punto precedente, il meccanismo che permette il mantenimento della funzionalità (e quindi l'isolamento tra le fasi e tra fase e terra) è basato sull'impiego di un nastro di vetro micato che involuppa il conduttore. Il fuoco brucia guaina, riempitivo ed isolamento estruso, ma il nastro di vetro micato, opportunamente applicato, garantisce la funzionalità del cavo per un tempo che, a seconda della temperatura di prova, può andare da qualche decina di minuti a qualche ora.

Per il terzo tipo di cavo, il meccanismo che permette il mantenimento della funzionalità è basato sull'impiego combinato di una mescola siliconica, fortemente caricata con farina fossile o materiale similare, e di una treccia di vetro. Il fuoco brucia guaina, riempitivo ed isolamento estruso, ma le ceneri di quest'ultimo, mantenute in loco dalla treccia chiusa di vetro, riescono a garantire la funzionalità del cavo per il tempo specificato⁷.

Cavi ad isolamento minerale

Un'alternativa ai cavi resistenti al fuoco ad isolamento estruso è costituita dai cavi ad isolamento minerale, nei quali il materiale isolante è a base di ossido di magnesio in polvere, che viene compresso entro una guaina continua, senza saldatura, di rame o di alluminio.

I conduttori sono mantenuti a distanza di isolamento fra di loro e rispetto alla guaina conduttrice da distanziatori, detti dischetti.

Il materiale isolante ha una temperatura di fusione particolarmente elevata, circa 2.800 °C; tenuto conto della temperatura di rammollimento del rame (1.083 °C), la temperatura dei conduttori in esercizio può raggiungere gli 800 °C. Questo tipo di cavo è adatto solo per sistemi di bassa tensione nominale d'isolamento fino a 500/700 V⁸.

Da tutto ciò deriva una notevole specializzazione nelle applicazioni di questo tipo di cavo, nonostante le sue intrinseche qualità siano molto interessanti per l'uso in ambienti particolari, quali certi luoghi con pericolo di esplosione o di incendio, o in

condizioni ambientali gravose⁹. La temperatura di esercizio potrebbe essere molto più elevata di quella oggi fissata per alcuni tipi di cavi (fino a 250 °C circa), ma ne seguirebbe un aumento di resistenza dei conduttori elevata e, quindi, perdite e cadute di tensione eccessive.

Ne consegue che, per uno sfruttamento alle più alte temperature, la lunghezza della conduttura deve necessariamente essere breve (ad esempio, i collegamenti fra trasformatori e quadri e tra quadri all'interno delle cabine); si pone, tuttavia, il problema del costo delle terminazioni, che incide sensibilmente sul costo della conduttura, essendo questa corta.

La Norma di riferimento per i cavi ad isolamento minerale è la CEI 20-39.

Autori:

Angelo Baggini

angelo.baggini@unibg.it

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Bergamo

Franco Bua

franco.bua@ecd.it

ECD Engineering Consulting and Design, Pavia

NB: Per le immagini si ringrazia Prysmian Cavi

Note:

- 1) La Norma CEI 20-22 prevede una diversificazione delle apparecchiature di prova, sia per il diverso sistema di generazione del calore, sia per la quantità dello stesso apportato al fascio di cavi.
- 2) Il limite massimo previsto dalle Norme per l'emissione di cloro dei cavi non propaganti la fiamma o l'incendio, calcolato come media pesata dei componenti, risulta pari al 22%.
- 3) La mancanza di visibilità è considerata la principale causa di perdita di vite umane nelle statistiche degli incendi, non solo delle metropolitane, ma anche degli edifici pubblici e dei locali di pubblico spettacolo.

- 4) I maggiori danni durante gli incendi parziali non sono causati dal calore, bensì dalla corrosività dei fumi che, diffondendosi anche nei locali non interessati dal fuoco, vengono in contatto con le cose in essi contenute.
- 5) Il rallentamento della combustione e, quindi, la sua maggiore completezza, riduce la presenza delle particelle incombuste, responsabili dell'opacità dei fumi.
- 6) Nella Norma CEI 20-45 vengono considerati solo cavi resistenti al fuoco che prevedono anche la non propagazione, l'assenza di fumi opachi, l'emissione di gas a ridotta tossicità (contenenti solo CO e CO₂) e non corrosivi.
- 7) Esistono altri tipi di cavo resistenti al fuoco, non codificati da Norme, il cui meccanismo di funzionamento è basato su altri principi, ad esempio l'intumescenza del materiale isolante.
- 8) Considerando l'elevata igroscopicità dell'isolante dei cavi ad isolamento minerale, sono richiesti accessori particolari per le giunzioni e le terminazioni e molta cura nella realizzazione.
- 9) Gli impianti di emergenza nel caso di incendio possono funzionare ad alte temperature per lungo tempo.
- 10) L'impiego di cavi ad isolamento minerale a bordo di macchine (ad esempio, trasformatori) per i circuiti ausiliari richiede particolare attenzione.