LA MEDIA TENSIONE

etelec®
electrical technology

LA MEDIA TENSIONE

etelec®
electrical technology

stem I
33
Querkupplung 1
Sammelschiene vorn 1
Sammelschiene vorn 1

LA MEDIA TENSIONE

1. Impianti di Media Tensione **4**

2. Cavi per Media Tensione **7**
2.1 Caratteristiche e struttura 7
2.2 Designazione dei cavi secondo la Norma CEI-UNEL 35011 14
2.3 Esempi di tipologie di cavi ad isolamento estruso 18
2.4 Esempi di tipologie di cavi ad isolamento in carta 22

3. Accessori e componenti per Media Tensione **25**
3.1 Terminali 26
3.2 Giunti 28
3.3 Elementi di connessione 29

4. Tecnologie per Media Tensione **31**
4.1 Tecnologia termorestringente 32
4.2 Tecnologia autorestringente 34
4.3 Tecnologia "push-on" 35
4.4 Tecnologia sconnettibile 36

5. Riferimenti normativi **39**

Glossario 41

1. Impianti di Media Tensione

L'insieme delle macchine, delle apparecchiature, delle aree da esse occupate, delle linee e delle condutture destinate alla produzione, trasformazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica costituisce quello che viene detto *impianto elettrico* o, in base alla sua estensione, *rete elettrica*.

I livelli di tensione e di corrente presenti in ciascun punto dell'impianto variano di alcuni ordini di grandezza, per ragioni tecniche, economiche, ma anche per aspetti legati alla sicurezza degli operatori, delle utenze e di tutto ciò che si trova nelle vicinanze dell'impianto stesso.
La tensione prodotta dai generatori in centrali di vario genere è generalmente dell'ordine di qualche decina di kilovolt, per problemi di isolamento degli alternatori; per la trasmissione, ossia il trasporto di quantità elevate di energia a grandi distanze, si utilizzano tensioni più elevate, dell'ordine delle centinaia di kilovolt, per massimizzare l'efficienza; per la distribuzione fino all'utenza finale le tensioni utilizzate sono via via inferiori.

Ogni impianto elettrico – e quindi a maggior ragione una rete – si può quindi pensare come formato dall'unione di più sistemi, ciascuno dei quali ha una specifica funzione (produzione, trasformazione, trasmissione, distribuzione) ed è caratterizzato da specifici livelli di tensione.

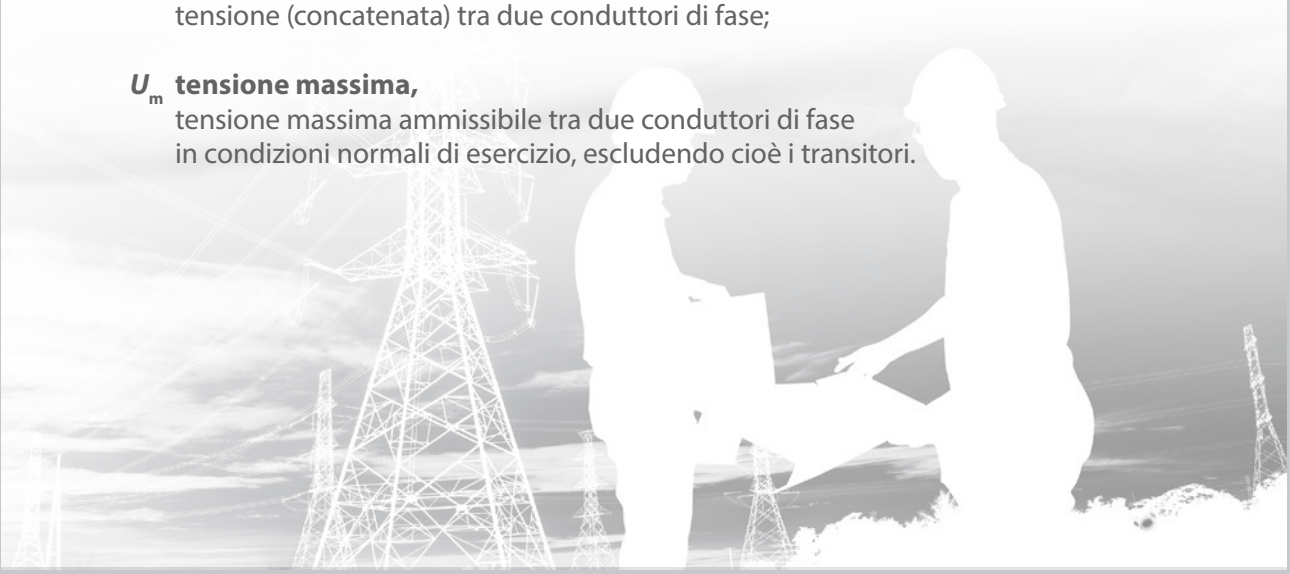
La tensione che caratterizza ciascun elemento componente di un impianto elettrico in condizioni normali di esercizio è detta **tensione nominale.**

Più specificamente si definiscono [1]:

U_0 **tensione nominale verso terra,**
tensione tra un conduttore di fase e la terra (o lo schermo metallico);

U **tensione nominale tra le fasi,**
tensione (concatenata) tra due conduttori di fase;

U_m **tensione massima,**
tensione massima ammissibile tra due conduttori di fase
in condizioni normali di esercizio, escludendo cioè i transitori.



Tali tensioni sono tra loro legate, e vengono perciò indicate insieme con la notazione

$$U_0 / U\ (U_m)\ \text{kV}.$$

Se si specifica un solo valore di tensione nominale, si intende la tensione nominale tra le fasi ***U.***

Secondo la pratica corrente, pur se non sancita da alcuna norma, si identificano attualmente come "Media Tensione" i sistemi per i quali la tensione nominale (a frequenza industriale) tra le fasi ***U*** è maggiore di 1 kV e minore o uguale di 35 kV:

$$1\ \text{kV} < U \leq 35\ \text{kV}$$

ovvero, in termini della tensione massima U_m

$$1{,}2\ \text{kV} < U_m \leq 42\ \text{kV},$$

e corrispondono ai **sistemi di II categoria** secondo la definizione della Norma CEI 64-8 [(2)].

All'interno di questo intervallo sono inoltre definiti – vedi ad es. le note (3) e (4) – dei valori di riferimento, che determinano la classificazione dell'impianto e quindi di tutte le sue parti costituenti, quali apparecchiature, cavi ed accessori.

Tali valori di riferimento sono raggruppati in due serie distinte, poiché per una data tensione massima U_m i valori corrispondenti delle tensioni nominali utilizzate nei singoli Stati possono essere leggermente diversi.
I valori impiegati nelle reti italiane sono quelli riportati nella colonna di sinistra (serie I) della Tabella 1.

serie I	*serie II*	
U_0/U [kV]	U_0/U [kV]	U_m
1,8/3	1,8/3	3,6
3,6/6	3,8/6,6	7,2
6/10	6,35/11	12
8,7/15	8,7/15	17,5
12/20	12,7/20	24
18/30	19/33	36
20,8/35	20,8/35	42

Tabella 1
Tensioni nominali e massime di riferimento per Media Tensione

Anche per questo motivo la tendenza delle Norme Internazionali è quella di fare riferimento alla tensione massima U_m (detta anche "classe di tensione"), piuttosto che ai valori di tensione nominale U_0/U, specifici dei singoli Paesi.

Nella pratica generalmente si fa riferimento alla tensione massima U_m e quindi si parla di "impianti a 24 kV", "a 36 kV" e così via.

(1) La tensione nominale è definita per qualiasi tipologia di impianto (a corrente continua, a corrente alternata monofase, ovvero a corrente alternata trifase).
Le definizioni riportate si riferiscono a sistemi trifase (quali sono gli impianti in Media Tensione), ed indicano valori efficaci a frequenza industriale.

(2) Norma CEI 64-8, art. 22.1. Il limite superiore, in precedenza fissato a 30 kV, è stato portato agli attuali 35 kV nell'edizione 2012 della Norma.

(3) Norma IEC 60038, art. 4.3, Tab. 3, Series I.

(4) Norma IEC 62271-1 Art. 4.1.1, Range I, Series I.

2. Cavi per Media Tensione

I cavi per Media Tensione hanno caratteristiche costruttive e strutturali specifiche legate ai valori in gioco delle sollecitazioni elettriche.

Tali caratteristiche determinano altresì i requisiti costruttivi oltre che funzionali degli altri componenti dell'impianto (trasformatori, elementi di comando, etc.), degli accessori, quali terminali e giunti (vedi pag. 25), dei sistemi di isolamento e degli elementi di connessione.

La conoscenza delle caratteristiche costruttive dei cavi è importante sia per la scelta dell'accessorio da utilizzare nelle specifiche condizioni di installazione, sia per effettuare correttamente l'installazione stessa.

2.1 Caratteristiche e struttura di un cavo per Media Tensione

1. Formazione del cavo
numero di poli, forma del cavo e sezione dei conduttori

2. Conduttore
rame o alluminio

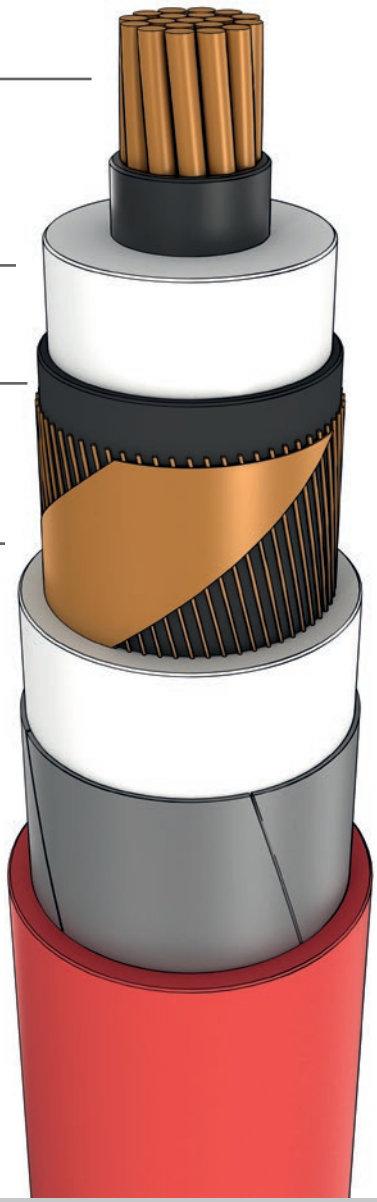
3. Isolante primario

4. Strato semiconduttivo sul conduttore e sull'isolante
per limitare il campo elettrico all'interfaccia

5. Schermo metallico
per confinamento del campo elettrico

6. Armatura (opzionale)
(e relativa guaina di separazione tra schermo ed armatura)
per protezione meccanica aggiuntiva

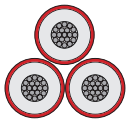
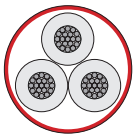
7. Guaina esterna
per protezione meccanica
e dagli agenti esterni



2.1.1 Formazione del cavo

Le tipologie di cavo di Media Tensione di impiego più frequente sono elencate nello schema seguente, insieme ai simboli utilizzati per identificarli.

Dal punto di vista della scelta degli accessori (quali terminali e giunti) i cavi elicord sono assimilabili a tre cavi unipolari.

cavo unipolare		1 ×
terna di cavi unipolari		3 ×
cavo tripolare ad elica visibile (“elicord”)		
cavo tripolare		1 ×

2.1.2 Conduttore

Indipendentemente dal materiale utilizzato, il conduttore è l’elemento demandato al passaggio della corrente e quindi al trasferimento di energia.

Il conduttore in **rame** è tradizionalmente e più frequentemente impiegato, per le sue ottime caratteristiche elettriche e meccaniche.

Il conduttore in **alluminio,** pur avendo caratteristiche elettriche inferiori, viene sempre più largamente utilizzato, per motivi economici (il costo di mercato subisce meno fluttuazioni di quello del rame), perché più leggero del rame ed anche per l’affidabilità che hanno raggiunto le tecniche di lavorazione ed i sistemi di connessione e gli accessori per cavi in alluminio.

I cavi in alluminio sono perciò usati di preferenza nelle reti di distribuzione su lunghe distanze, quelli in rame per collegamenti brevi nelle sottostazioni o in impianti industriali, dove sono richieste potenze maggiori.

	peso specifico (kg/dm^3)	resistività a 20 °C ($\Omega mm^2/m$)
Rame (Cu)	8,9	0,0176
Alluminio (Al)	2,7	0,0284

Tabella 2
Caratteristiche del rame e dell'alluminio

La Norma IEC 60228 definisce una serie di sezioni nominali normalizzate, ciascuna corrispondente ad una determinata portata di corrente del cavo.
A parità di sezione nominale, metodi di fabbricazione e costruttori differenti possono comportare variazioni del diametro dei cavi: di ciò occorre tener conto nella scelta di giunti e terminali, verificando sempre l'effettiva alloggiabilità del cavo nell'accessorio.

Confrontando le resistività si verifica che, **a parità di portata di corrente,** un cavo in alluminio ha una sezione nominale pari ad 1,6 volte quella di un cavo in rame.
Per questo motivo i cavi in alluminio in commercio hanno sezioni minime generalmente maggiori di quelle dei cavi in rame.

L'impiego sempre più diffuso impiego di cavi con conduttori in alluminio ha altresì determinato lo sviluppo e la diffusione di elementi di connessione (capicorda e connettori, vedi pag. 29) appositamente realizzati con materiali e tecnologie costruttive compatibili con quelle dei conduttori in alluminio.

2.1.3 Isolante primario

Provvede all'isolamento elettrico del conduttore in tensione. Il suo spessore è determinato dalla tensione nominale del cavo, ed è tanto maggiore quanto più elevata è quest'ultima.

Gli isolanti oggi più comunemente utilizzati nei cavi sono di tipo estruso, e per i cavi di Media Tensione sono mescole riconducibili ad una delle due seguenti tipologie:

- **Polietilene reticolato (XLPE** oppure **HPTE)**;
- **Gomma etilenpropilenica (EPR** oppure **HEPR** se ad alto modulo).

Ciascuno specifico materiale isolante è poi caratterizzato da altri parametri, quali ad esempio le proprietà meccaniche, la temperatura di esercizio e la reazione al fuoco.

La Norma CEI-UNEL 35011 riporta un elenco delle tipologie di materiali isolanti e delle relative sigle di designazione. Quelle di utilizzo più frequente nei cavi di Media Tensione sono riportate nella tabella a pagina 16 e 17.
A titolo di esempio, le mescole in polietilene hanno sigle che iniziano con la lettera E (E4), mentre le mescole in EPR hanno sigle che iniziano con la lettera G (G5, G7, G16, G26).

Il Regolamento Europeo su Prodotti da Costruzione ("Regolamento CPR UE 305/11") ha determinato l'introduzione di nuove specifiche relative a materiali utilizzati nella produzione di cavi conformi al Regolamento stesso.

A tale riguardo, le varianti più recenti (V2 del 2017 e V3 del 2018) della suddetta Norma CEI-UNEL 35011 hanno aggiunto, per i cavi di Media Tensione, le seguenti sigle:

G16 mescola isolante a base di EPR ad alto modulo a basso sviluppo di fumi ed acidità, con temperatura caratteristica di 90 °C

G26 mescola isolante a base di EPR ad alto modulo a basso sviluppo di fumi ed acidità, con temperatura caratteristica di 105 °C.

I cavi ad isolamento in **carta impregnata** non sono ormai più impiegati per nuove installazioni, ma possono essere ancora presenti in reti esistenti sulle quali ci si trovi ad intervenire, ad esempio per ampliamenti o riparazioni.
Le diverse tipologie si differenziano per le caratteristiche delle miscele degli olii impregnanti utilizzati.

2.1.4 Strato semiconduttivo

Nei cavi con tensione nominale tra le fasi ***U*** maggiore o uguale di 6 kV sono inoltre presenti due strati di materiale semiconduttivo, uno sulla superficie interna ed un altro su quella esterna dello strato isolante.

Questo perché i valori di tensione e di campo elettrico presenti richiedono una transizione graduale all'interfaccia tra il conduttore e lo strato isolante, e all'interfaccia tra lo strato isolante e lo schermo, al fine di evitare scariche elettriche locali che possono nel tempo deteriorare il cavo, fino a pregiudicarne la funzionalità.

Più in dettaglio si ha:

- lo strato semiconduttivo sul conduttore (detto "**schermo sul conduttore")** all'interfaccia tra il conduttore e l'isolante primario, è coestruso con l'isolante stesso; ha inoltre la funzione di smussare la superficie esterna dei conduttori a corda per attenuare i campi elettrici che si formano in corrispondenza delle asperità di quest'ultima;

- lo strato semiconduttivo sull'isolante primario (detto **"schermo semiconduttivo")** all'interfaccia tra l'isolante e lo schermo metallico del cavo. Può essere coestruso oppure "pelabile a freddo".

Nei cavi ad isolamento estruso più datati lo schermo semiconduttivo era talvolta realizzato con uno strato di vernice conduttrice (a base di grafite) ricoperta di nastro in tessuto conduttore.

Quando si effettuano terminazioni o giunzioni, si utilizzano generalmente utensili specifici in base alla tipologia di schermo semiconduttivo del cavo, al fine di assicurarne la corretta rimozione senza intaccare l'isolante primario.

2.1.5 Schermo metallico

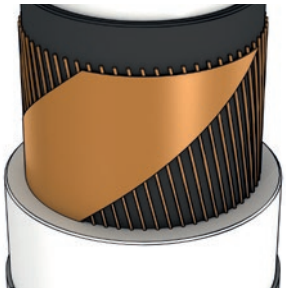
La schermo metallico assolve alla funzione principale di confinare il campo elettrico all'interno del cavo, avvolge in maniera uniforme l'intera superficie esterna e realizza la messa a terra fisica del cavo.

Le tipologie costruttive di schermo più comuni sono:

- **a fili, nastri** o **piattine di rame**;
- **a tubo di aluminio.**

Nel caso di schermo a tubo di alluminio, occorre un accessorio specifico (cosiddetta "grattugia") per effettuare il collegamento dello schermo in fase di installazione di un giunto oppure di un terminale.

Esempio di **schermo metallico a fili di rame** con nastro avvolto in controspirale



2.1.6 Armatura

In alcune condizioni di installazione (ad es. per posa aerea), o dove ci sia rischio di danneggiamento meccanico, si impiegano cavi armati, al fine di migliorare la resistenza meccanica del cavo nei confronti delle sollecitazioni esterne.

Per cavi tripolari l'armatura è realizzata con fili o nastri di acciaio galvanizzato avvolti ad elica intorno all'insieme delle anime.
Per cavi unipolari non si utilizzano materiali ferromagnetici, In questo caso l'armatura è perciò realizzata con fili di alluminio o altri materiali non ferrosi.

Una guainetta estrusa, generalmente in PVC, provvede all'isolamento dell'armatura dallo schermo.

Esempio di **armatura** realizzata con nastri di acciaio

2.1.7 Guaina di rivestimento esterna

La guaina di rivestimento esterna non ha funzione d'isolamento bensì di protezione dagli agenti esterni.

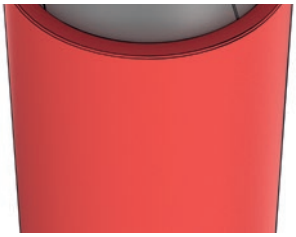
Per cavi di Media Tensione è di colore rosso (Norma CEI-UNEL 00721) ed è costituita da una mescola termoplastica a base di polivinilcloruro (PVC) oppure in polietilene, quando si vuole ottenere una maggiore resistenza meccanica, a fronte però di una rigidità maggiore del cavo. In alcune tipologie di cavo si utilizzano mescole termoplastiche a basso sviluppo di fumi e gas tossici.

Anche in questo caso sono stati introdotti materiali con composizioni specifiche conformi al Regolamento CPR, come ad esempio (vedi pagg. 16 e 17):

R12 ed **R16,** guaine a base di PVC;

M16 ed **M20,** guaine termoplastiche a basso sviluppo di fumi ed acidità.

Guaina esterna



2.2 Designazione dei cavi di Media Tensione

La designazione dei cavi è oggetto della Norma CEI-UNEL 35011, che consente di definire in modo preciso tutte le caratteristiche del cavo in ogni sua parte.

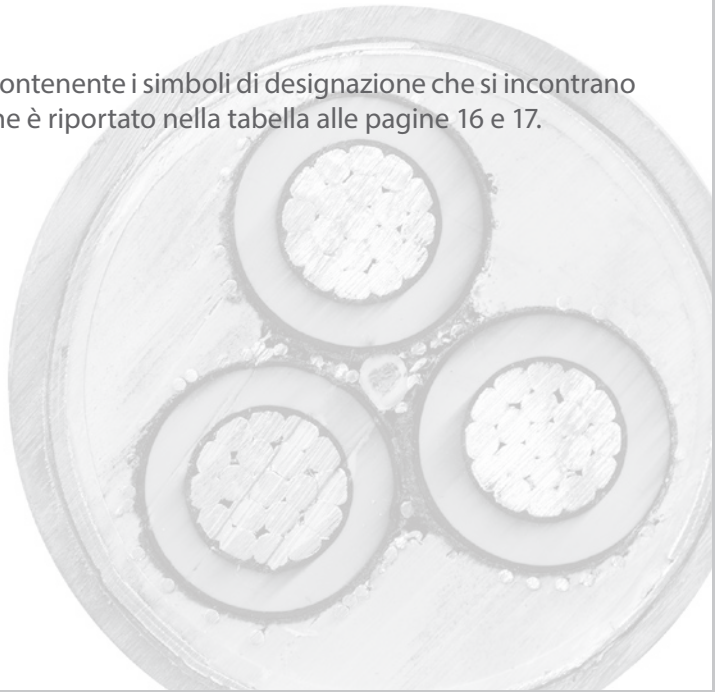
La sigla di designazione, riportata sulla marcatura del cavo insieme alle informazioni del costruttore, è formata da simboli che rappresentano (quando presenti) le varie parti componenti del cavo stesso.

Tali parti, procedendo in successione dall'interno verso l'esterno del cavo, sono elencate di seguito:

1. **numero e sezione nominale dei conduttori;**
2. **materiale e grado di flessibilità dei conduttori;**
3. **materiale e qualità dell'isolante primario;**
4. **tipologia di schermo**
   sui cavi unipolari o sulle singole anime dei cavi multipolari;
5. **rivestimenti protettivi**
   sui cavi unipolari o sulle singole anime dei cavi multipolari;
6. **composizione e forma dei cavi;**
7. **tipologia di schermo**
   sull'insieme delle anime dei cavi multipolari;
8. **rivestimenti protettivi**
   sull'insieme delle anime dei cavi multipolari;
9. **eventuali organi particolari**
   (come ad esempio funi portanti)**;**
10. **tensione nominale** nella forma U_0/U **kV.**

Un esempio di designazione relativo ad un cavo di Media Tensione è riportato nella pagina seguente.

Un estratto della Norma CEI-UNEL 35011 contenente i simboli di designazione che si incontrano più di frequente nei cavi di Media Tensione è riportato nella tabella alle pagine 16 e 17.



Esempio di designazione di cavo per Media Tensione
in base alla Norma CEI-UNEL 35011

1. cavo tripolare da 150 mm^2

2. conduttori in rame (nessun simbolo) a corda rigida normale

3. isolante in EPR (su ciascun conduttore *) di qualità G26

4. schermo a fili o nastri di rame (su ciascun conduttore *)

3 x 150 R G26 H1 O M16 12/20 kV

10. tensione nominale

8. guaina termoplastica di qualità M16 (sull'insieme delle anime*)

6. cavo di forma rotonda

Nell'esempio in questione non sono presenti rivestimenti protettivi sulle singole anime, nè armature sull'insieme delle anime, e nemmeno organi particolari, per cui nella designazione non compaiono i relativi simboli di cui ai numeri 5, 7 e 9.

---

* Per i cavi di Media Tensione tripolari lo schermo e/o il rivestimento protettivo possono essere collocati su ciascuno dei conduttori oppure sull'insieme dei conduttori; i simboli di designazione restano gli stessi, quella che cambia è la posizione rispetto al simbolo che indica la forma del cavo.

Nell'esempio riportato:

- lo schermo a fili o nastri di rame è presente su ciascuno dei conduttori, per cui il relativo simbolo H1 si trova *prima* del simbolo O, che designa il cavo di forma rotonda;
- la guaina in PVC è presente invece sull'insieme delle anime, per cui il relativo simbolo R si trova invece *dopo* il simbolo O.

Estratto della Norma CEI-UNEL 35011

	gruppo di designazione	simbolo	significato
2.	Natura del conduttore	*(Nessuno)*	Rame
		A	Alluminio
		(A)	Notazione compatta per indicare entrambe le tipologie di cavo in rame e in alluminio
	Forma del conduttore	R	Rigido a corda rotonda, normale o compatta
		S	Rigido a corda settorale
		F	A corda flessibile
3.	Isolante	G5	Gomma etilenpropilenica (EPR)
		G7	Gomma etilenpropilenica ad alto modulo (HEPR)
		G16	Mescola isolante a base di EPR ad alto modulo a basso sviluppo di fumi ed acidità (temperatura caratteristica 90 °C) *per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal CPR*
		G26	Mescola isolante a base di EPR ad alto modulo a basso sviluppo di fumi ed acidità (temperatura caratteristica 105 °C) *per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal CPR*
		E4	Polietilene reticolato (XLPE)
		P1	Elastomero termoplastico (qualità HPTE) *
		C	Carta impregnata con miscela normale
		C1	Carta impregnata con miscela non migrante
		C4	Carta impregnata con miscela stabilizzata
4.	Schermo (su ciascuna anima)	H	Schermo in nastro di alluminio, carta-carbone o carta metallizzata
		H1	Schermo a nastri, piattine o fili di rame
		H5	Schermo a nastro longitudinale di alluminio ricoperto
5.	Guaina/guaine (su ciascuna anima)	R	Polivinilcloruro (PVC) di qualità TM1, TM2, Rz
		R12 R16	Guaina termoplastica a base di PVC *per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal CPR*
		E	Polietilene lineare di qualità Ez
		M1	Mescola termoplastica a basso sviluppo di fumi, gas tossici e corrosivi
		M16 M20	Guaina termoplastica a basso sviluppo di fumi ed acidità *per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal CPR*
6.	Forma del cavo (per cavi tripolari)	*(Nessuno)*	Cavo unipolare
		O	Cavo tripolare con anime riunite per cavo rotondo
		(O)	*Notazione compatta per indicare entrambe le tipologie di cavo, unipolare o tripolare*
		X	Cavo tripolare ad elica visibile
		(X)	*Notazione compatta per indicare entrambe le tipologie di cavo, unipolare o tripolare ad elica visibile*

* Presente nelle specifiche ENEL

	gruppo di designazione	simbolo	significato
7.	Schermo (sull'insieme delle anime)	*(Nessuno)*	Nessuno schermo
		H	Schermo in nastro di alluminio, carta-carbone o carta metallizzata
		H1	Schermo a nastri, piattine o fili di rame
		H5	Schermo a nastro longitudinale di alluminio ricoperto
8.	Armatura	*(Nessuno)*	Cavo non armato
		A	Armatura a treccia o calza metallica
		F	Armatura a fili di acciaio
		N	Armatura a nastri di acciaio
		Z	Armatura a piattine di acciaio
		L	guaina di lega di piombo
	Guaina/guaine (sull'insieme delle anime)	*(Nessuno)*	Nessuna guaina sull'insieme delle anime
		R	Polivinilcloruro (PVC) di qualità TM1, TM2, Rz
		R12 R16	Guaina termoplastica a base di PVC *per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal CPR*
		E	Polietilene lineare di qualità Ez
		M1	Mescola termoplastica a basso sviluppo di fumi, gas tossici e corrosivi
		M16 M20	Guaina termoplastica a basso sviluppo di fumi ed acidità *per utilizzo nei cavi secondo le classi di reazione al fuoco previste dal CPR*
9.	Organo portante	*Nessuno*	Nessun organo portante
		Y	Organo portante tessile o metallico tra le anime o legato esternamente al cavo
		(Y)	*Notazione compatta per indicare entrambe le tipologie di cavo, con e senza organo portante*

NOTE
- Sono riportati i simboli di uso più comune per i cavi di Media Tensione.
- In grigio le parti opzionali.
- Uno stesso simbolo può assumere significati diversi in base alla posizione che occupa all'interno della sigla di designazione.

2.3 Esempi delle tipologie di cavi Media Tensione estrusi di utilizzo più comune

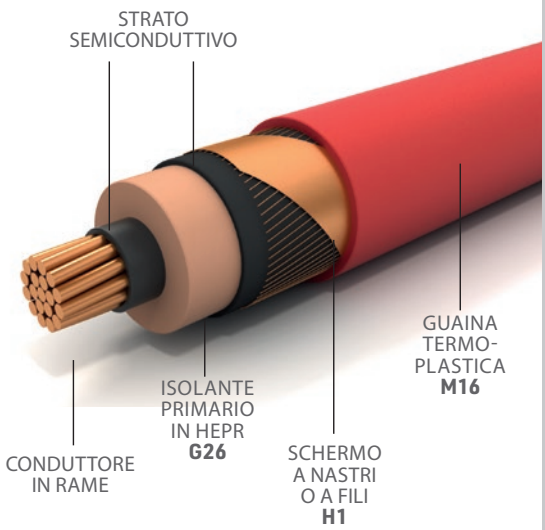
Cavo unipolare ad isolamento estruso non armato

A questa tipologia di cavo si rifanno la maggior parte delle applicazioni attuali per il trasporto di energia.

I vari tipi si differenziano per i materiali utilizzati e per alcuni accorgimenti costruttivi, ma hanno la stessa struttura di base, e quindi sono tra loro assimilabili, dal punto di vista della possibilità di applicazione della stessa tipologia di accessori (giunti e terminali).

Tale struttura di base è riportata in figura con riferimento ad un cavo RG26H1M16.

RG26H1M16



Cavi conformi al Regolamento CPR
(A)RG16H1R12, (A)RG16H1R16, (A)RG16H1M16
(A)RG26H1M16, (A)RG26H1M20

Come accennato a pag. 10, si tratta di cavi di più recente immissione sul mercato, che devono rispondere ai requisiti del Regolamento CPR.
A tale scopo si utilizzano mescole opportunamente formulate, sia per l'isolante primario (G16 o G26, a base di EPR), che per la guaina esterna (R12 o R16 nel caso di guaine a base di PVC, oppure M16 o M20 nel caso di guaine termoplastiche di altra composizione).

Cavi a spessore di isolante normale
(A)RG5H1R, (A)RG7H1R, ARG7H1E
(A)RE4H1R, ARE4H1E

La struttura del cavo è la medesima, a seconda dei tipi varia il materiale dell'isolante primario (G5, G7 o E4) e/o della guaina (R oppure E).
Lo schermo è sempre del tipo a fili o a nastri di rame (H1).

Cavi a spessore di isolante ridotto
(A)RG7H1M1

In questi cavi si utilizza una mescola speciale di isolante in EPR di qualità G7 che consente di utilizzarne uno spessore ridotto.
La guaina esterna è in materiale termoplastico a bassa emissione di fumi e gas tossici (M1).

Cavi con doppia guaina esterna
ARE4H1ER

Questi cavi hanno una guaina in PVC (R) e l'altra in polietilene (E), al fine di ottenere protezione meccanica ulteriore.
Anche in questo caso a parità di sezione i cavi con doppia guaina hanno generalmente diametro maggiore, e quindi occorre verificare l'applicabilità del giunto o del terminale scelto.

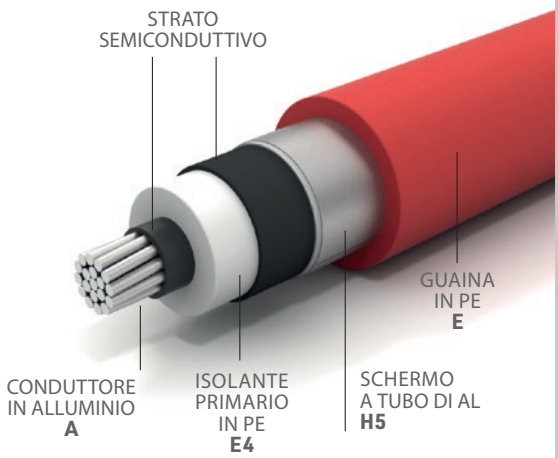
Occorre tenere presente che i campi di applicazione di giunti e terminali sono generalmente riferiti a cavi a spessore normale, nel caso di applicazione su cavi a spessore diverso occorre verificare l'effettiva compatibilità dell'accessorio scelto.

Cavo unipolare con schermo a tubo di alluminio

ARE4H5E

Il cavo ha conduttore in alluminio (A), isolante primario in polietilene (E4), schermo a tubo di alluminio (H5) con nastro igroespandente tra lo schermo e lo strato semiconduttivo, guaina esterna in polietilene (E).

ARE4H5E



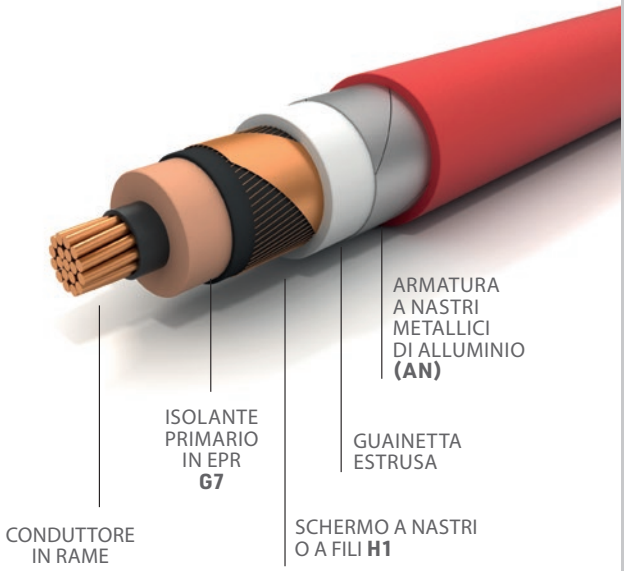
I cavi con questa tipologia di schermo richiedono un accessorio specifico (cosiddetta "grattugia") per effettuare la connessione dello schermo durante l'installazione di un giunto oppure di un terminale.

Cavo unipolare ad isolamento estruso armato

L'armatura presente in queste tipologie migliora la resistenza meccanica del cavo alle sollecitazioni esterne, quando sia richiesto dalle condizioni di installazione (ad esempio per posa aerea), o dove ci sia rischio di danneggiamento meccanico del cavo.

Le altre caratteristiche del cavo sono analoghe alle corrispondenti versioni non armate.

RG7H1(AN)R



L'installazione di giunti o terminali su cavi armati richiede componenti specifici per il ripristino dell'armatura.

RG7H1(AN)R

In questa tipologia di cavo l'armatura è costituita da nastri metallici non ferrosi (ad esempio alluminio).
Una guainetta in materiale estruso assicura l'isolamento tra l'armatura e lo schermo.

Cavo tripolare ad isolamento estruso ad elica visibile (elicord)

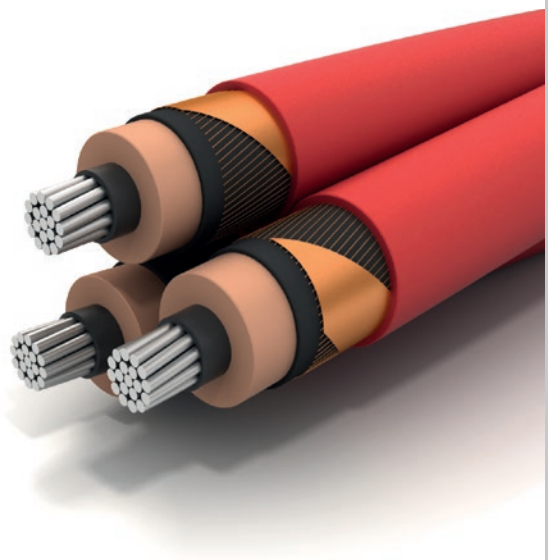
Questi cavi sono realizzati da tre cavi unipolari ad isolamento estruso completi di guaina protettiva esterna, riuniti ad elica.
Sono contrassegnati dal simbolo di designazione X.
Anche in questo caso i vari tipi si differenziano per i materiali utilizzati.

Opzionalmente può essere presente un organo portante, generalmente una fune di acciaio inserita al centro dell'elica.

(A)RG7H1RX, ARG7H1EX, (A)RE4H1RX, ARE4H1EX, ARE4H1ERX

In figura è schematizzato un cavo ARG7H1RX, con conduttori in alluminio, isolante primario in HEPR di qualità G7, schermo a fili di rame (con nastro in controspirale), e guaina in PVC, con i tre cavi unipolari avvolti ad elica.

ARG7H1RX



Per la loro struttura, questi cavi sono assimilabili a terne di cavi unipolari e quindi sono generalmente installabili le stesse tipologie di accessori (giunti e terminali) adatte a questi ultimi.

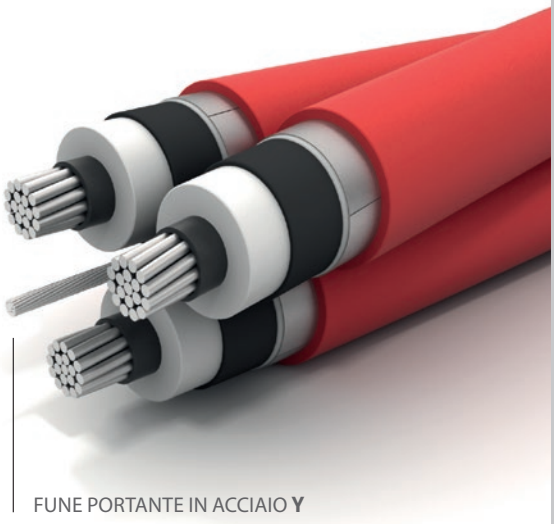
Cavo tripolare elicord con schermo a tubo di alluminio

ARE4H5EXY

Si tratta della tipologia di cavo di norma richiesta per le installazioni in conformità alle specifiche ENEL.

Il cavo è costituito da tre cavi tipo ARE4H5E, ossia unipolari con conduttori in alluminio, isolante in polietilene, e schermo a tubo di alluminio, avvolti ad elica e con fune portante di acciaio **(simbolo di designazione Y).**

ARE4H5EXY



Cavo tripolare ad isolamento estruso non armato

In questa tipologia di cavi le tre anime sono schermate singolarmente a nastri di rame, e tenute insieme da un riempitivo di forma rotonda **(simbolo di designazione O),** sul quale è applicata la guaina esterna.

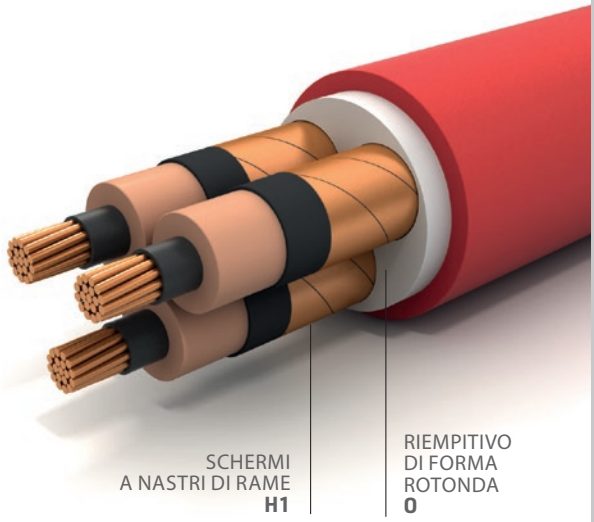
Cavi conformi al Regolamento CPR
(A)RG16H1OR12, (A)RG16H1OR16, (A)RG16H1OM16
(A)RG26H1OM16, (A)RG26H1OM20

Sono le versioni tripolari dei cavi unipolari conformi al Regolamento CPR.

(A)RG5H1OR, (A)RG7H1OR, ARG7H1OE, (A)RE4H1OR, ARE4H1OE, (A)RG7H1OM1

Anche in questo caso si tratta delle versioni tripolari dei cavi unipolari a spessore normale o ridotto.

RG26H1OM16

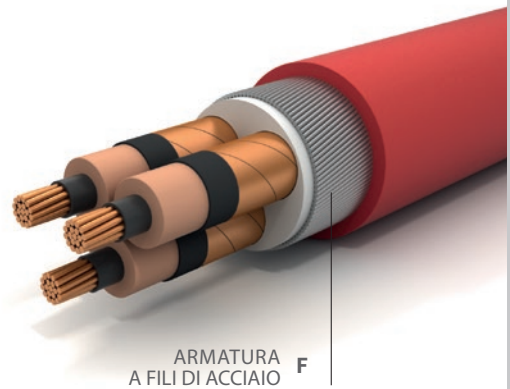


Cavo tripolare ad isolamento estruso armato

Cavo tripolare estruso con armatura a fili
RG7H1OFR

Cavo tripolare con conduttori in rame a corda rigida (R), isolante primario in EPR di qualità G7, schermo a nastri di rame (H1), riempitivo di forma rotonda (O) in PVC.
L'armatura è a fili di acciaio avvolti (simbolo di designazione F).
La guaina esterna è in PVC (R).

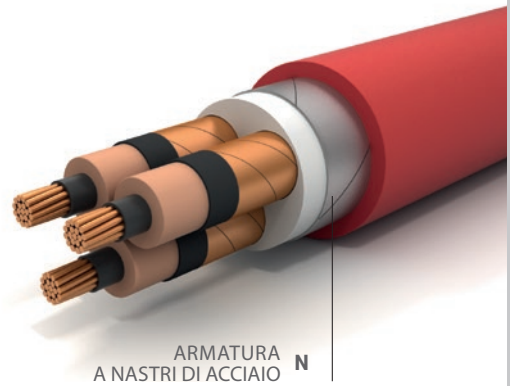
RG7H1OFR



Cavo tripolare estruso con armatura a nastri
RG7H1ONM1

Cavo tripolare con conduttori in rame a corda rigida (R), isolante primario in EPR di qualità G7, schermo a nastri di rame (H1), riempitivo di forma rotonda (O) in PVC.
L'armatura è a nastri avvolti di acciaio (simbolo di designazione N).
La guaina esterna è in mescola termoplastica a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi (M1).

RG7H1ONM1



2.4 Esempi di tipologie di cavi Media Tensione ad isolamento in carta impregnata

I cavi ad isolamento in carta sono accomunati dal **simbolo di designazione C,** che identifica lo strato isolante primario composto da strati di **nastri di carta impregnati di olii isolanti,** avvolti a spirale lungo il conduttore fino a formare un adeguato spessore.
In base alle caratteristiche della miscela di olii sono possibili alcune varianti (C1 oppure C4).

Una **guaina in lega di piombo (L)** ricopre l'isolamento in carta e provvede contemporaneamente alla schermatura e alla messa a terra del cavo.

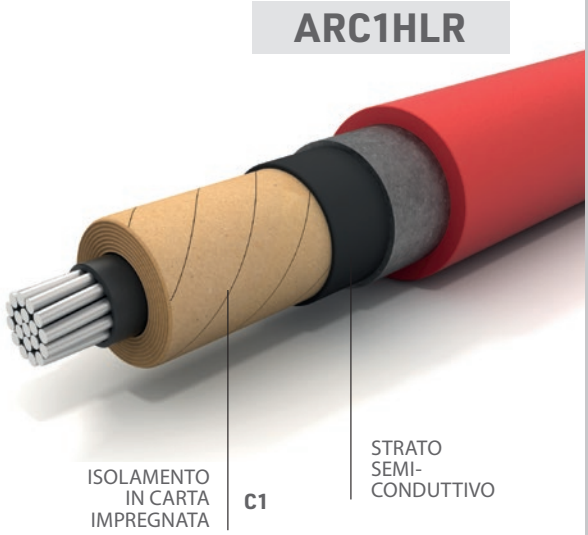
La guaina di rivestimento esterna, generalmente in PVC, protegge dalla corrosione e dagli agenti esterni.

Cavo unipolare ad isolamento in carta schermato

(A)RC1HLR, (A)RC4HLR

Conduttore in rame oppure in alluminio (come in figura) a corda rigida (R).
Isolante in carta impregnata di miscela non migrante (C1) oppure stabilizzata (C4).
Schermo in carta metallizzata (H), e guaina in lega di piombo (L).
Guaina esterna in PVC (R).

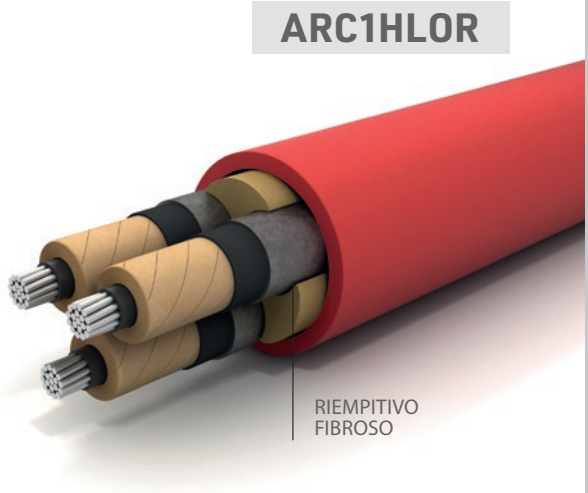
Per tensioni superiori a 10 kV è presente lo strato semiconduttivo interno e lo schermo elettrico, costituito da **carta metallizzata (H),** che data la sua flessibilità aderisce all'isolante anche in presenza di distacchi dello schermo a piombo dovuti a sfiancamento per sollecitazioni meccaniche anomale.



Cavo tripolare ad isolamento in carta a tre piombi a schermatura radiale

(A)RC1HLOR

Realizzato dall'unione di tre cavi unipolari ad isolamento in carta impregnata di miscela non migrante (C1), completi dello schemro in carta metallizzata (H) e della guaina in piombo (L), privi della guaina esterna, tenuti insieme in forma rotonda (O) da un riempitivo fibroso e da una guaina protettiva esterna in PVC (R).

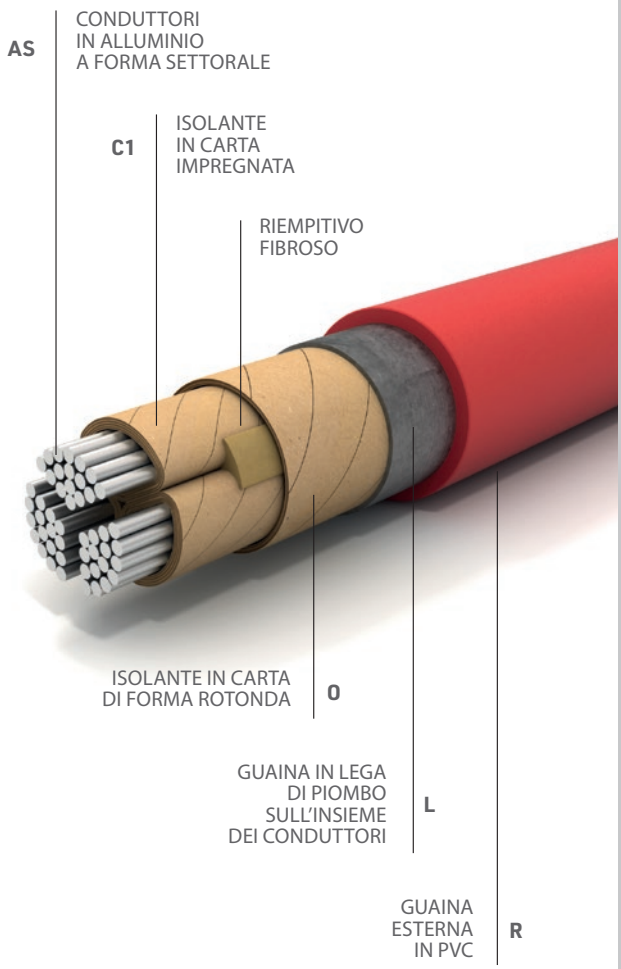


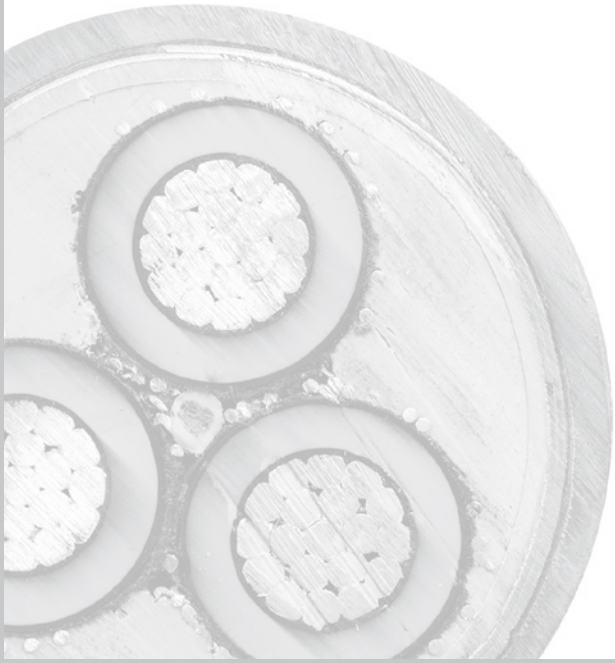
Cavo tripolare ad isolamento in carta a un sol piombo a schermatura non radiale (cinturato)

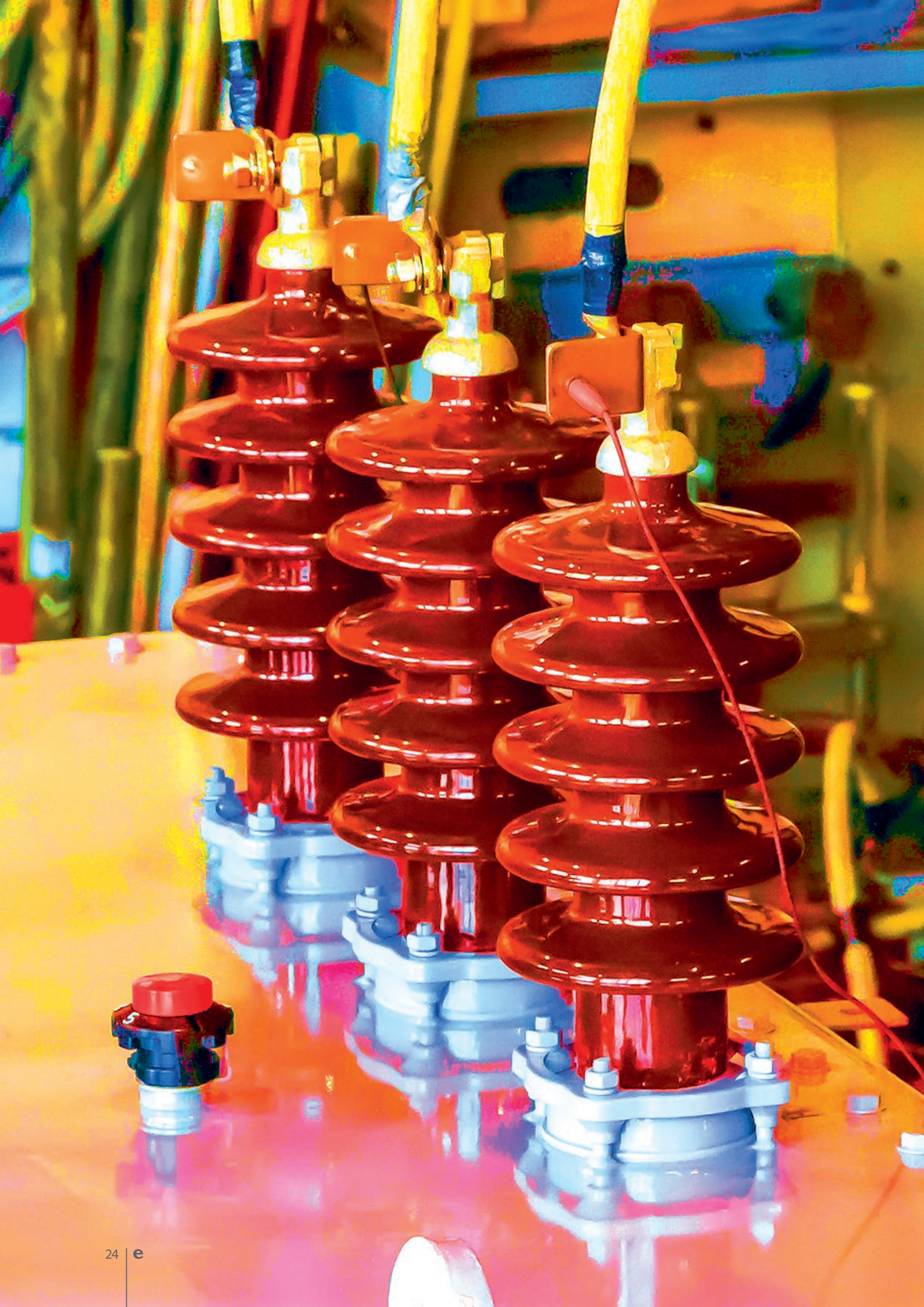
(A)SC10LR

Utilizzato per tensioni inferiori o uguali a 15 kV, è realizzato dall'unione di tre conduttori unipolari con sezione a forma settorale (simbolo di designazione S) isolati in carta impregnata con miscela non migrante (C1) e privi della guaina in piombo e della guaina esterna.
I tre cavi così realizzati sono tenuti insieme in forma rotonda (simbolo O) da un riempitivo fibroso, da un ulteriore strato isolante in carta che li cintura, da una guaina in lega di piombo (L) con funzione di schermo e da una guaina protettiva esterna in PVC (R) che protegge dalla corrosione e dagli agenti esterni.

ASC10LR







3. Accessori e componenti per Media Tensione

Con il termine "accessori" si indicano nel loro complesso i componenti ed i dispositivi che realizzano il collegamento dei cavi tra loro e quello dei cavi con le apparecchiature elettriche e gli altri componenti di un impianto.

Gli accessori di utilizzo più comune negli impianti di Media Tensione sono:

- i **giunti**, che realizzano il collegamento tra le estremità di due cavi;
- i **terminali**, che sono utilizzati per collegare l'estremità di un cavo ad altri componenti dell'impianto (trasformatori, apparecchiature di comando, sistemi di sbarre).

Giunti e terminali comprendono sempre un elemento di connessione metallico per il collegamento delle parti conduttrici: tali elementi vengono detti rispettivamente **connettori** per i giunti e **capicorda** per i terminali.

Altri componenti complementari sono impiegati per il collegamento di schermi ed armature.

Negli impianti di Media Tensione sono altresì utilizzate **guaine e nastri** per l'isolamento di sbarre e conduttori nudi.

Come per i cavi, i valori delle sollecitazioni elettriche presenti nelle reti di Media Tensione richiedono accorgimenti costruttivi specifici per assicurare la corretta funzionalità, la sicurezza e la durata di esercizio degli accessori stessi e di tutti gli altri componenti dell'impianto.

È importante tener presente che, mentre la produzione dei cavi avviene in ambiente controllato, gli accessori sono generalmente forniti come kit di componenti che devono essere posti in opera in condizioni operative non ottimali e spesso disagevoli, il che richiede esperienza ed accuratezza da parte degli installatori.

Le procedure di installazione devono essere pertanto il più possibile semplici e ben specificate nelle istruzioni fornite con gli accessori, che devono riportare sempre ed in maniera dettagliata la lista dei componenti inclusi in ciascun kit, al fine di evitare errori che possano pregiudicare la corretta funzionalità dell'accessorio o ridurne la vita utile di servizio.

È infatti evidenza statistica che i guasti agli impianti sono spesso localizzati in corrispondenza degli accessori, e in un numero rilevante di casi le cause sono riconducibili ad installazioni non conformi alle procedure.

3.1 Terminali di Media Tensione

Un terminale ha la funzione di collegare l'estremità di un cavo ad un altro elemento (apparecchiatura, sistema di sbarre, etc.) dell'impianto di Media Tensione.

Nel caso di trasformatori o altre apparecchiature, il collegamento avviene mediante elementi detti **isolatori passanti** perché consentono ai conduttori dei cavi di attraversare una parete isolando i conduttori da quest'ultima.

> La parete può essere ad esempio un un muro o la cassa (generalmente metallica) che costituisce l'involucro dell'apparecchiatura, ad esempio del trasformatore.

Gli isolatori possono essere:

- **di tipo aperto,** nel quale il terminale è fissato in modo permanente;
- **di tipo ad innesto,** che consente di collegare/scollegare i terminali appositamente progettati per quest'utilizzo, che perciò sono detti **terminali sconnettibili** (pag. 36).

Oltre a provvedere alla connessione elettrica, il terminale deve assicurare un andamento corretto del campo elettrico nel passaggio dall'isolante del cavo a quello circostante la zona della terminazione (generalmente aria) ove non è presente lo schermo semiconduttivo.

Gli aspetti principali da considerare nella realizzazione di un terminale di Media Tensione riguardano:

- il **controllo del campo elettrico;**
- la **lunghezza delle linee di fuga**, legate anche alla tipologia di installazione (da interno o da esterno);
- il **controllo antitraccia,** per prevenire fenomeni di scarica parziale dovuti al passaggio ed al deposito di acqua sulla superficie del corpo del terminale.

3.1.1 Controllo del campo elettrico

Per l'installazione di un terminale è necessario interrompere lo strato semiconduttivo sull'isolante primario all'estremità del cavo; in corrispondenza di questa interruzione si verifica un addensamento delle linee equipotenziali, ossia un aumento dell'intensità del campo elettrico, come evidenziato in giallo nella rappresentazione schematica in sezione di figura 1. Tale campo elettrico deve essere controllato opportunamente, poiché può essere superiore alla rigidità dielettrica dell'isolante e può in ogni caso essere causa di scariche parziali superficiali, che, comportando nel tempo il cedimento dell'isolante, riducono la vita di servizio del cavo.

Il controllo del campo elettrico si realizza principalmente in due modi:

- tramite **cono deflettore** *(controllo capacitivo o geometrico)*: si applica un tubo preformato di materiale semiconduttivo che prolunga lo schermo in corrispondenza del taglio (come schematizzato in figura 2);

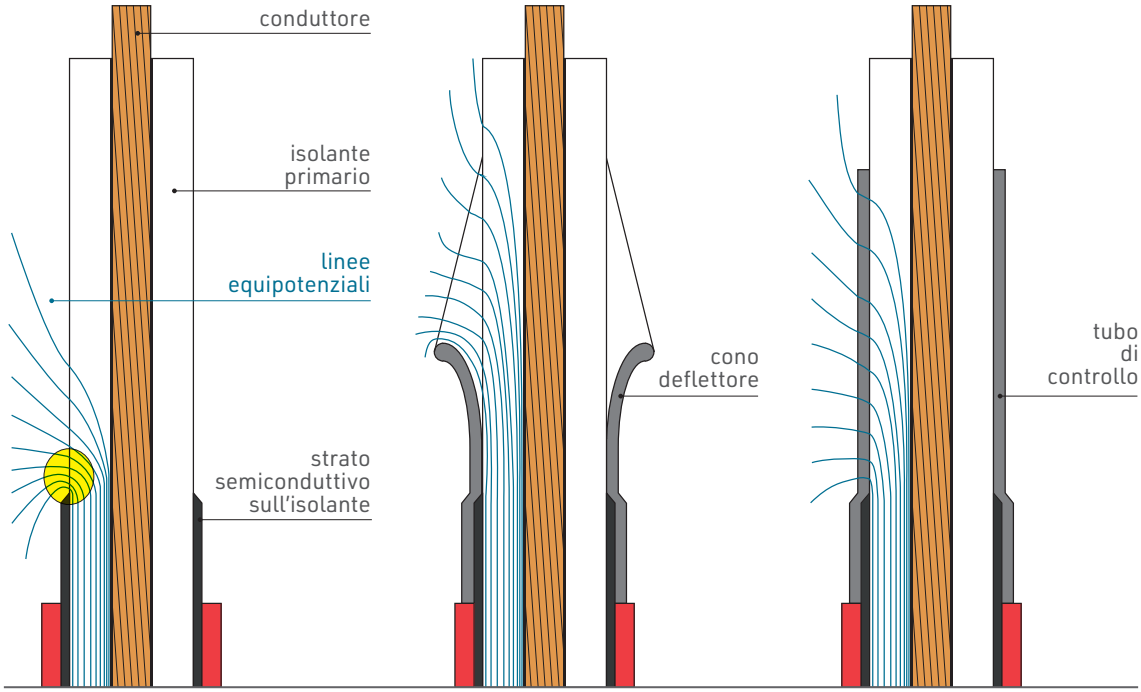


figura 1 figura 2 figura 3

- tramite **tubo di controllo** *(controllo resistivo o refrattivo)* impiegando, in corrispondenza del taglio dello strato semiconduttivo, un materiale di opportuna costante dielettrica, che per rifrazione determina una distribuzione di campo più uniforme (figura 3).

In entrambi i casi si ottiene una distribuzione più uniforme delle linee equipotenziali, ossia valori di campo elettrico non critici, in modo da consentire il corretto e duraturo funzionamento della terminazione.

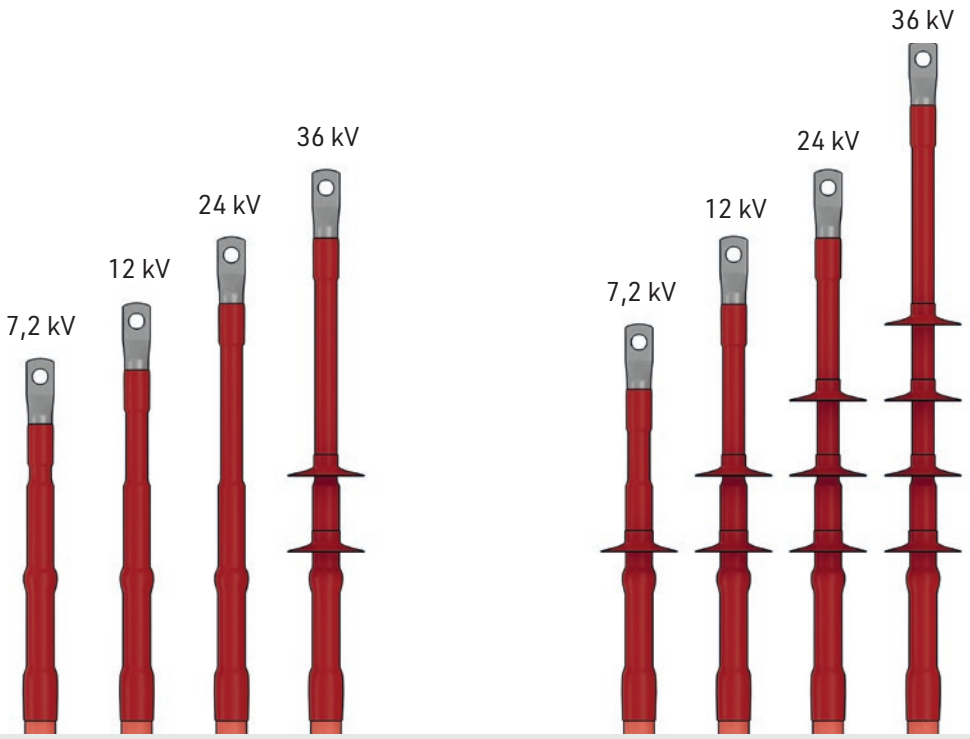
3.1.2 Linee di fuga

La linea di fuga è la distanza (minima) sulla superficie del corpo isolante che dia luogo ad una scarica; nel caso di un terminale è misurata tra il capocorda in tensione e lo schermo del cavo, collegato a terra.

> Il mantenimento delle linee di fuga previene quindi fenomeni di conduzione diretta o scarica parziale attraverso i fluidi che circondano la terminazione (aria, gas oppure olio). La lunghezza delle linee di fuga è legata alla tensione massima e, nel caso di installazioni da esterno, occorre tenere in conto le condizioni ambientali quali umidità relativa, salinità ed inquinamento atmosferico che possono ridurre la rigidità dielettrica del fluido presente intorno alla terminazione e quindi richiedere linee di fuga più lunghe.

Per allungare le linee di fuga contenendo la lunghezza dei terminali si utilizzano, nelle applicazioni da esterno ed in quelle da interno a tensioni massime più elevate, terminali con profili alettati, le cosiddette **"campane"** per l'allungamento delle linee di fuga).

L'utilizzo delle campane inoltre protegge la superficie del terminale da depositi di acqua, polvere ed elementi inquinanti che possono favorire il verificarsi di scariche dovute a correnti superficiali.



Allungamento delle linee di fuga in base alla tensione massima e al tipo di applicazione

Terminali per applicazioni da interno
- lunghezza inferiore
- profilo esterno liscio (con campane per tensioni più elevate)

Terminali per applicazioni da esterno
- a parità di tensione massima hanno generalmente lunghezza maggiore rispetto ai corrispondenti per interno
- profilo esterno sempre alettato, sia per l'allungamento delle linee di fuga che per disperdere la pioggia

3.2 Giunti di Media Tensione

Un giunto consente di collegare due pezzature di cavo, per realizzare linee di estensione maggiore delle lunghezze di fornitura dei cavi, generalmente limitate per favorire le operazioni di trasporto e di posa.
I giunti sono inoltre utilizzati per operazioni di ampliamento e/o riparazione di reti esistenti.

Valgono per i giunti considerazioni analoghe a quelle fatte per i terminali, con riferimento al ripristino della continuità elettrica, e delle caratteristiche di isolamento e meccaniche delle singole parti di cui è composto un cavo di Media Tensione:

- i connettori devono essere opportunamente dimensionati in base alla portata di corrente dei cavi da collegare, e non devono presentare asperità per evitare picchi localizzati di campo elettrico;
- lo strato semiconduttivo sull'isolante primario deve essere opportunamente ripristinato, al fine di consentire il confinamento corretto del campo elettrico;
- allo stesso modo una o più guaine di materiale isolante devono provvedere a ricostituire l'isolante primario nella zona di giunzione.

3.3 Elementi di connessione

In ogni accessorio di Media Tensione è di fondamentale importanza l'elemento metallico che provvede alla connessione elettrica tra i conduttori. Si dicono:

- **connettori** gli elementi metallici impiegati nei giunti per collegare i conduttori dei due cavi;
- **capicorda** gli elementi metallici impiegati nei terminali per collegare il conduttore del cavo con le apparecchiature, o con i sistemi di sbarre.

La scelta o l'installazione non corretta di un elemento di connessione può essere causa di malfunzionamento dell'accessorio.

Le cause di guasto più comuni legate agli elementi di connessione degli accessori di Media Tensione sono il *surriscaldamento,* causato dalla resistenza elettrica troppo elevata dovuta al contatto insufficiente tra le parti metalliche, e la *scarica elettrica,* se l'elemento di connessione non è del tipo corretto, e causa picchi di campo elettrico all'interno del giunto o del terminale.

Gli elementi di connessione di utilizzo più comune negli impianti di Media Tensione sono classificabili altresì in base al metodo di serraggio, che può essere:

- ad aggraffaggio per compressione (o "a crimpare");
- meccanico, con serraggio a bulloni.

Connettori e capicorda a compressione richiedono per l'installazione appositi utensili a pressione con matrici esagonali o punzoni, e generalmente hanno caratteristiche costruttive e dimensionali specifiche per una singolo materiale conduttore (rame oppure alluminio) e per una singola sezione di cavo.

Nel caso invece di connettori e capicorda cosiddetti "meccanici" il serraggio avviene per mezzo di bulloni. Tali bulloni possono avere le teste opportunamente sagomate in modo da fratturarsi al raggiungimento della coppia di serraggio richiesta, semplificando in tal modo la procedura di installazione, che non richiede utensili particolari.

Capocorda e connettore a compressione

Altro vantaggio di questa tipologia è la possibilità per lo stesso connettore di essere installabile su conduttori di sezione diversa, eventualmente con l'impiego di adattatori per posizionare correttamente i conduttori di sezione più piccola nei fori di ingresso.

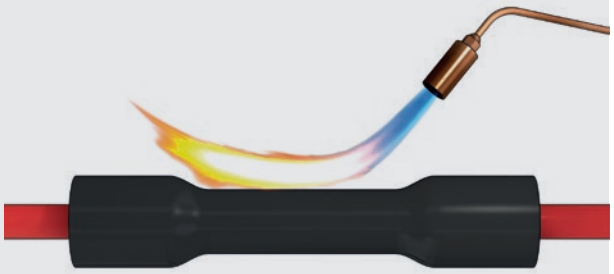
Infine i materiali e le tecniche di lavorazione utilizzate possono consentire l'utilizzo sia su cavi in rame che su cavi in alluminio.

Capocorda e connettore meccanico

4. Tecnologie per Media Tensione

Le tecnologie comunemente impiegate nella realizzazione degli accessori di Media Tensione sono riassunte di seguito:

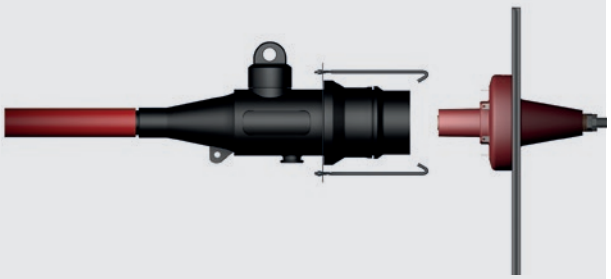
Tecnologia termorestringente
(*heat-shrinking* in inglese)
che richiede l'utilizzo di calore nella fase di installazione;



Tecnologia autorestringente
o **"restringente a freddo"**
(*cold-shrinking* in inglese)
si basa su proprietà elastomeriche dei materiali, e non richiede l'utilizzo di fiamme o calore;

Tecnologia "push-on"
nella quale i componenti vengono forniti nella loro forma finale ed installati con l'ausilio di strumenti inseritori, sempre senza l'impiego di calore;

Tecnologia sconnettibile,
specifica per i casi in cui sia prevista la possibilità di collegare/scollegare l'accessorio (usualmente un terminale), successivamente all'installazione.



È importante che gli installatori siano adeguatamente formati e pratici di ciascuna tecnologia, delle sue specificità e dei relativi ambiti e procedure di installazione.

4.1 Tecnologia termorestringente

È la tecnologia tradizionalmente impiegata a partire dalla fine del 1960 quale alternativa all'utilizzo di oli, resine e nastri per realizzare giunti e terminali di Media Tensione, oltre che per isolare e proteggere sbarre e conduttori.
Le guaine e le parti preformate che compongono i kit di installazione sono realizzate con materiali come le poliolefine, che ben si prestano all'isolamento ed alla protezione di conduttori e cavi elettrici, sia per le caratteristiche dielettriche, che per le proprietà termoplastiche: i legami di tipo cristallino esistenti tra le molecole conferiscono resistenza meccanica alle parti, ma sotto l'azione del calore si indeboliscono, consentendo alle guaine di adattarsi alla forma dei componenti sui quali sono applicate.

La produzione di parti termorestringenti si articola nelle fasi seguenti:

- inizialmente il materiale viene estruso nella sua forma finale, ed esposto a radiazione ad alta energia, che determina la formazione di nuovi legami molecolari di tipo elastomerico;
- le parti così ottenute vengono quindi riscaldate ed espanse (in diametro), e, grazie ai legami di reticolazione, che permangono ben oltre le temperature alle quali le guaine sono sottoposte, mantengono la loro forma;
- mentre sono ancora mantenute espanse, le parti vengono infine raffreddate rapidamente: così facendo i legami cristallini "bloccano" la memoria elastica del materiale.

Guaine e parti preformate vengono fornite in questo stato espanso, che consente un agevole posizionamento in fase di installazione senza la necessità di dover preliminarmente ingrassare i cavi su cui andranno applicate.

L'applicazione di calore – solitamente mediante torce a gas propano oppure butano – indebolisce i legami cristallini, rendendo liberi i legami elastici di restringere la guaina, che ritorna alla dimensione iniziale, ed aderisce efficacemente, grazie alla forza elastica residua, ai componenti sopra i quali è stata posizionata.

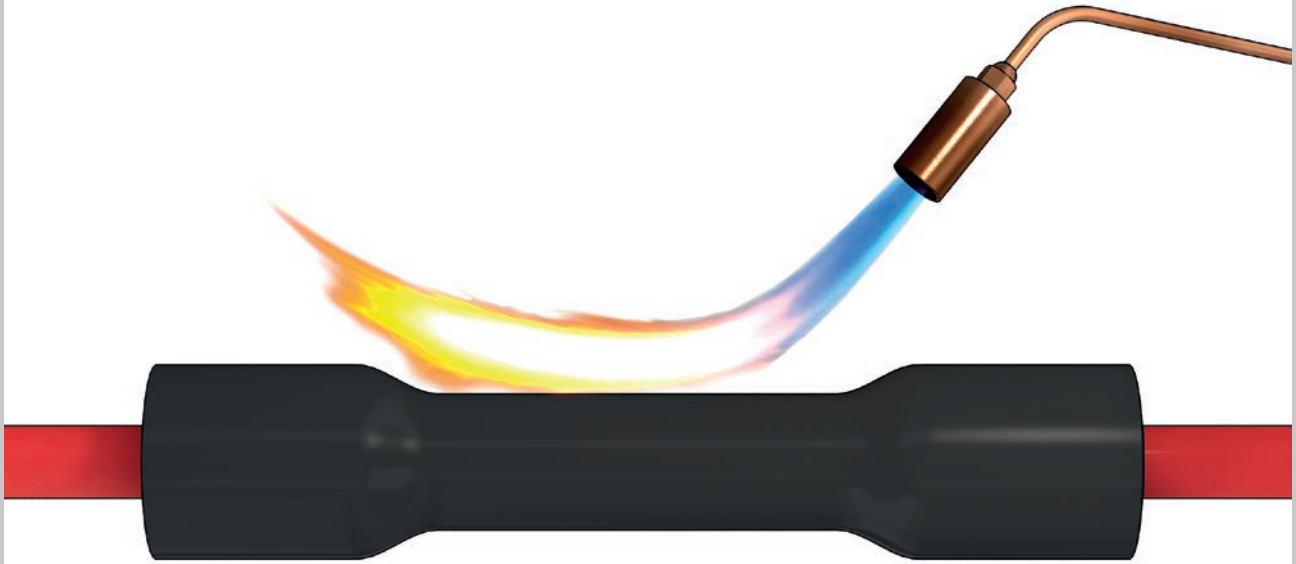
L'utilizzo eventuale di adesivi termofusibili all'interno delle guaine conferisce loro ulteriori proprietà di sigillatura e protezione.

Per ottenere un restringimento corretto e completo delle guaine occorre tener presente diversi fattori:

- evitare di lasciare "vuoti" o sacche di aria tra le varie guaine isolanti, oppure bruciarne le superfici;
- utilizzare cannelli a gas specifici per questo utilizzo, regolare la fiamma in modo che sia gialla uniforme;
- posizionare accuratamente le parti, non essendo possibile spostarle una volta iniziato il termorestringimento;
- puntare la fiamma in direzione del restringimento e muoverla intorno alla parte da lavorare;
- lasciar raffreddare le parti prima di applicare sollecitazioni meccaniche all'accessorio.

TECNOLOGIA TERMORESTRINGENTE

- consente di realizzare giunti e terminali di elevata qualità, che risultano **accurati, uniformi e duraturi nel tempo,** anche in condizioni ambientali di esercizio gravose;
- ottima resistenza in presenza di sollecitazioni meccaniche anche ripetute;
- parti componenti senza scadenza;
- richiede **esperienza e dimestichezza** in fase di installazione;
- può essere soggetta a limitazioni in ambienti industriali a rischio, a causa dell'utilizzo di fiamme libere.



4.2 Tecnologia autorestringente

La tecnologia autorestringente (anche detta restringente a freddo, dall'inglese *cold-shrinking*) sfrutta le proprietà elastiche di materiali come le gomme siliconiche o le gomme etilen-propileniche (EPDM, *Ethylene-Propylene Diene Monomer*).

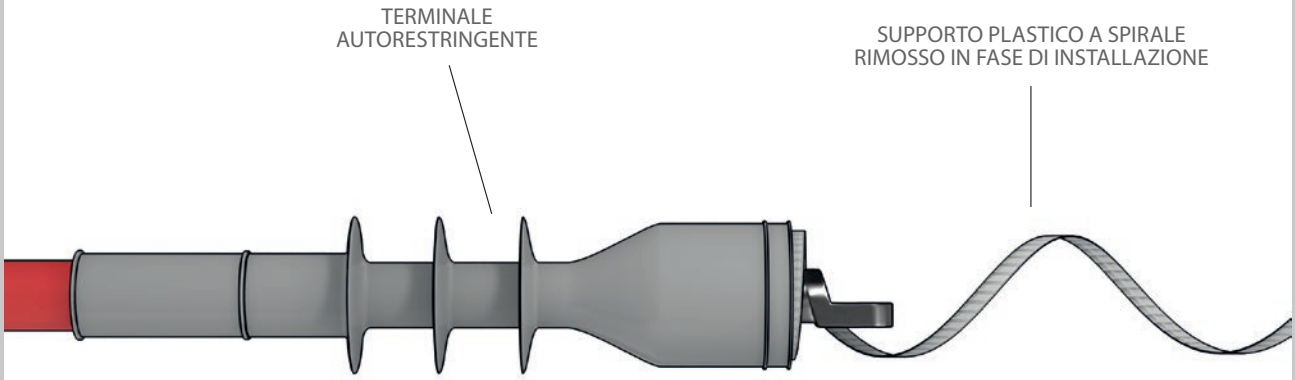
Le guaine e le parti preformate autorestringenti vengono fornite mantenute in forma espansa da un supporto rigido in materiale plastico, di varia forma (spirale, raggiera,...) che viene rimosso in fase di installazione, consentendo alla guaina di restringersi elasticamente e di aderire agli altri elementi della giunzione o della terminazione.

I fattori principali da considerare per la corretta installazione di un accessorio autorestringente sono:

- i cavi vanno preliminarmente ingrassati con lubrificanti specifici;
- occorre prestare attenzione ad oggetti taglienti che potrebbero danneggiare i componenti mentre sono in forma espansa;
- occorre comunque posizionare accuratamente le parti, non essendo possibile muoverle una volta iniziato il restringimento;
- la rimozione del supporto plastico deve avvenire con cura, lentamente e con movimenti opportuni (nel caso di spirali, un movimento di rotazione attorno al cavo).

L'installazione di un accessorio autorestringente risulta in generale semplificata, grazie alla presenza di un numero minore di componenti da assemblare.

Il corpo del terminale o del giunto è generalmente costituito da un'unica parte che assolve alle funzioni di controllo del campo elettrico, di isolamento e di protezione e, nel caso dei terminali, integra ove necessarie anche le alette per l'allungamento delle linee di fuga.



I progressi tecnologici nella fabbricazione di materiali ad alta impedenza per il controllo del campo elettrico, che vengono coestrusi con il corpo isolante dell'accessorio, consentono di ottenere prestazioni e durata nel tempo comparabile con quelle degli accessori realizzati con tecnologia termorestringente.

Infine la tecnologia autorestringente risulta la scelta obbligata negli ambienti di installazione in cui sia ristretto o vietato l'utilizzo di fiamme libere, come ad esempio raffinerie, impianti chimici, centrali a gas oppure luoghi a rischio di incendio (ambienti chiusi, gallerie).

TECNOLOGIA AUTORESTRINGENTE

- **alternativa consolidata** alla tecnologia termorestrigente;
- **installazione semplificata** e meno soggetta ad errori**;**
- utilizzo di un **numero ridotto di componenti ed utensili;**
- installazione non pericolosa, grazie all'**assenza di fiamme libere.**

4.3 Tecnologia "push-on"

È una definizione generica in cui rientrano un'ampia gamma di giunti e terminali che sono forniti in forma non espansa, e dimensionati in maniera tale che la dimensione esterna di una parte supera leggermente la dimensione interna della parte su cui deve adattarsi.

L'installazione avviene talvolta, previa preparazione/ingrassaggio dei cavi, con l'utilizzo di appositi utensili.

A causa delle modalità di fornitura ed installazione, gli accessori di tipo push-on sono applicabili ad un range più limitato di sezioni di cavo, che può essere in qualche misura ampliato con l'utilizzo di adattatori.

4.4 Tecnologia sconnettibile

Pur rientrando nella categoria delle tecnologie di tipo push-on, la tecnologia sconnettibile viene considerata separatamente, in quanto ha la caratteristica distintiva (vedi pag. 26) di poter collegare/scollegare i terminali dalle apparecchiature elettriche (meno comuni sono le applicazioni in cui sia richiesto di collegare/scollegare le estremità dei cavi di una giunzione).

Le caratteristiche del terminale sconnettibile sono determinate da quelle dell'isolatore passante al quale il terminale sconnettibile deve essere collegato.

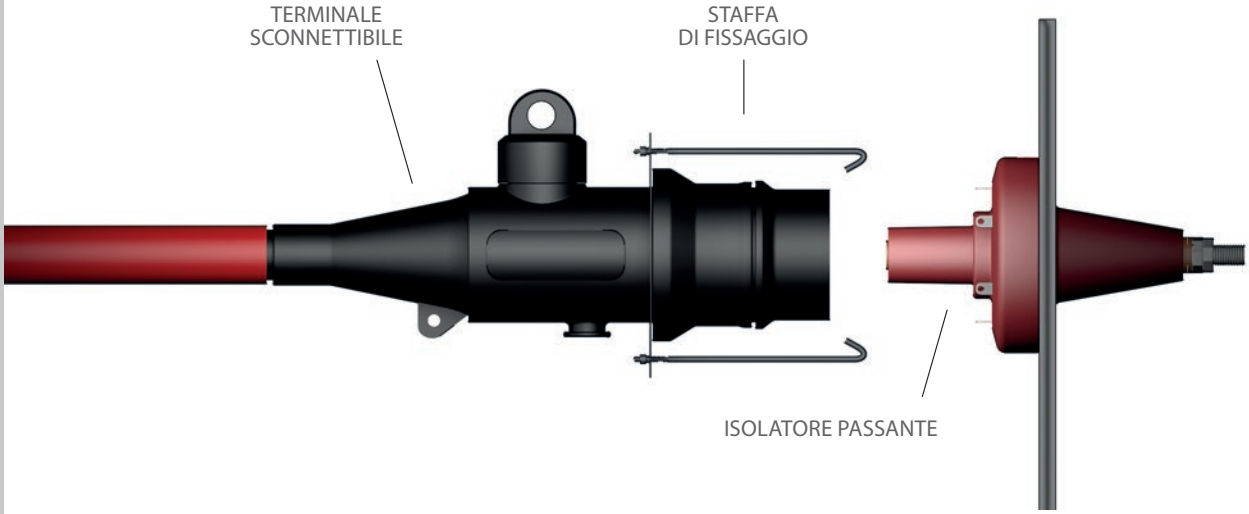
Tali caratteristiche sono:

- tipo: a cono interno oppure a cono esterno;
- tensione massima U_m (12, 24, 36 o 52 kV);
- corrente nominale;
- tipo di contatto, a spina oppure a vite;
- tipo di interfaccia, che determina la forma e le dimensioni del cono.

Nel caso di interfacce a cono esterno, per un certo tipo (identificato dalle lettere da A ad F) sono possibili diverse varianti di isolatore passante (identificate dal numero che segue la lettera) in base alla corrente nominale dell'isolatore passante stesso.
Le combinazioni possibili sono riassunte nella tabella a fianco, estratta dalle Norme CEI EN 50180 e CEI EN 50181 [(1)].

Si considerano parte dell'isolatore passante anche le flange o i dispositivi di fissaggio eventualmente presenti sulla parete, generalmente per i tipi con connettore a spina.

È necessario inoltre, in prossimità dei terminali, fissare opportunamente anche i cavi, per evitare di far gravare il peso di questi ultimi sugli isolatori.



(1) Nelle edizioni delle Norme dal 2011 in poi è stato ampliato il campo di applicazione, con riferimento a:
- la tensione massima, aumentata da 36 kV a 52 kV; per questo motivo alcuni produttori considerano di "Media Tensione" anche gli accessori con classe di tensione 52 kV (vedi pag. 4);
- la corrente, aumentata da 1,25 kA a 3,15 kA;
- l'introduzione di una nuova interfaccia per 52 kV (interfaccia tipo F).

tipo		interfaccia terminale	interfaccia isolatore	tensione U_m (kV)				corrente (A)					
				12	24	36	52	250	400	630	800	1250	2500
a cono interno	contatto a spina	0	0	■	■			■					
		1	1	■	■	■			■	■			
		2	2	■	■	■					■		
		3	3	■	■	■	■					■	
a cono esterno	contatto a spina	A	A1	■	■			■					
		B	B1	■	■	■		■					
			B2						■				
	contatto a vite	C	C1	■	■	■				■			
			C2									■	
		D	D1	■	■						■		
			D2									■	
		E	E1			■					■		
			E2									■	
		F	F1	■	■	■							■
			F2	■	■	■	■			■			
			F3									■	

Interfacce a cono per terminali sconnettibili e loro caratteristiche (Norme CEI EN 50180 - CEI EN 50181)

Geometria del terminale sconnettibile
Altra caratteristica da considerare nella scelta di un terminale sconnettibile è la sua geometria, in base alla quale un terminale sconnettibile può essere:

- diritto;
- a squadra;
- a T asimmetrico;
- a T simmetrico.

In particolare i terminali a T possono essere dotati di un innesto nella parte posteriore, che consente il collegamento cosiddetto 'in accoppiamento' di due o più terminali alla stessa presa passante, naturalmente rispettando sempre la portata di corrente di quest'ultima.
Con l'ausilio di opportuni coni adattatori, è possibile inoltre il collegamento di terminali con caratteristiche differenti, od anche la realizzazione di giunti.

Terminali loadbreak e deadbreak
Il terminale si dice di tipo *"loadbreak"* se la connessione/disconnessione è effettuabile con circuito in tensione; si dice di tipo *"deadbreak"* se invece il circuito deve essere preventivamente de-energizzato.
Per verificare lo stato di tensione può essere presente sul terminale un contatto di test, usualmente di tipo capacitivo.

Dal punto di vista costruttivo un terminale sconnettibile è costituito da un unico corpo in gomma (generalmente EPDM reticolato o gomma siliconica) opportunamente sagomato per accogliere il cavo, il capocorda e la spina di contatto.
Sulla superficie interna è presente lo strato semiconduttivo e/o il cono per il controllo del campo elettrico, mentre su quella esterna è presente, nel caso dei terminali schermati, uno strato esterno conduttivo.

7. Riferimenti normativi

CEI-UNEL 00721
Colori di guaina dei cavi elettrici

CEI-UNEL 35011
Cavi per energia e segnalamento. Sigle di designazione

CEI-UNEL 35334
Cavi media tensione isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G26, aventi schermo a fili di rame, sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) -
Cavi unipolari con conduttori rigidi per posa fissa - Tensione nominale U_0 / U: 12/20 kV e 18/30 kV -
Classe di reazione al fuoco: Cca-s1b,d1, a1

CEI 64-8
Impianti elettrici utilizzatori

CENELEC HD 629.1 S3
CENELEC HD 629.2 S3
Test requirements on accessories for use on power cables of rated voltage from 3,6/6(7,2) kV up to 20,8/36(42) kV
Part 1: Cables with extruded insulation
Part 2: Cables with impregnated paper insulation

Versione italiana:
CEI 20-62/1
CEI 20-62/2
Requisiti di prova degli accessori per cavi di energia con tensione nominale da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV
Parte 1: Cavi con isolante estruso
Parte 2: Cavi isolati con carta impregnata

Versione tedesca:
DIN VDE 0278-629-1
DIN VDE 0278-629-1

CEI EN 50180
Isolatori passanti per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV e correnti da 250 A fino a 3,15 kA per trasformatori immersi in liquido isolante
Plug-in type bushings above 1 kV up to 52 kV and from 250 A to 3,15 kA for liquid filled transformers

CEI EN 50181
Isolatori passanti del tipo a innesto per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV e per correnti da 250 A fino a 2,50 kA per apparecchi diversi da trasformatori immersi in liquido isolante
Plug-in type bushings above 1 kV up to 52 kV and from 250 A to 2,50 kA for equipment other than liquid filled transformers

SEGUE →

IEC 60038
IEC standard voltages

CEI EN 60038
Tensioni normalizzate CENELEC

IEC 60050
International Electrotechnical Vocabulary
consultabile online all'indirizzo **www.electropedia.org**

IEC 60060 (Series) | CEI EN 60060 (Serie)
High-voltage test techniques
Tecniche di prova in alta tensione

CEI EN IEC 60230
Prove ad impulso sui cavi elettrici e i loro accessori
Impulse tests on cables and their accessories

IEC 60270 | CEI EN 60270
High-voltage test techniques – Partial discharge measurements
Tecniche di prova in alta tensione - Misure di scariche parziali

---

IEC 60502-1 | IEC 60502-2 | IEC 60502-4
Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (U_m = 1,2 kV) up to 30 kV (U_m = 36 kV)
Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV (U_m = 1,2 kV) and 3 kV (U_m = 3,6 kV)
Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (U_m = 7,2 kV) up to 30 kV (U_m = 36 kV)
Part 4: Test requirements on accessories for cables with rated voltages from 6 kV (U_m = 7,2 kV) up to 30 kV (U_m = 36 kV)

CEI EN IEC 61238-1-3
Connettori a compressione e meccanici per cavi di energia
Parte 1-3: Metodi di prova e requisiti per connettori a compressione e meccanici per cavi di potenza per tensioni nominali superiori a 1 kV (U_m = 1,2 kV) fino a 36 kV (U_m = 42 kV) testati su conduttori non isolati
Compression and mechanical connectors for power cables
Part 1-3: Test methods and requirements for compression and mechanical connectors for power cables for rated voltages above 1 kV (U_m = 1,2 kV) up to 36 kV (U_m = 42 kV) tested on non-insulated conductors

---

IEC 62271-1 | CEI EN 62271-1
High-voltage switchgear and controlgear
Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear
Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione
Parte 1: Prescrizioni comuni

Glossario

Accessorio (per cavi di energia)
Termine usato per indicare nel loro complesso i giunti ed i terminali per cavi di energia.

Anima
in un cavo multipolare, ciascuno dei conduttori comprensivo del relativo isolante.

Armatura *(pag. 12)*
Rivestimento, costituito da fili o nastri metallici, presente in alcune tipologie di cavo, utilizzato generalmente per proteggere quest'ultimo da sollecitazioni meccaniche esterne.

Campo elettrico (elettromagnetico)
Stato fisico dello spazio sede di energia elettrica (elettromagnetica) che si manifesta sotto forma di forze elettriche.
L'intensità del campo elettrico dipende dalla tensione applicata e dallo spessore e dal materiale isolante a cui la tensione stessa è applicata.

Capocorda *(pag. 29)*
Dispositivo metallico attestato sul conduttore all'estremità di un cavo per collegare quest'ultimo ad un altro elemento dell'impianto (apparecchiatura, sistema di sbarre, etc).

Cavo elettrico *(pag. 7)*
Conduttore uniformemente isolato (cavo unipolare), ovvero insieme di più conduttori uniformemente isolati e riuniti (cavo multipolare), generalmente provvisti di uno o più rivestimenti protettivi e caratterizzati da prevalente sviluppo in lunghezza, destinati al trasporto dell'energia elettrica.

Conduttore *(pag. 8)*
Elemento metallico del cavo (generalmente rame o alluminio) destinato a condurre la corrente elettrica, costituito da un filo o più frequentemente da un insieme di fili di uguale sezione riuniti a corda.

Connettore *(pag. 29)*
Dispositivo metallico per collegare elettricamente i conduttori di cavi.

Connettore ad aggraffaggio per compressione:
connettore nel quale la connessione elettrica è effettuata mediante deformazione o sagomatura della parte cilindrica del conduttore.

Connettore a serraggio meccanico:
connettore nel quale la connessione elettrica è effettuata mediante pressione applicata usando viti o bulloni.

Giunto *(pag. 25, 28)*
Accessorio adatto ad essere utilizzato in aria o interrato che realizza una connessione tra due o più cavi isolati per formare un circuito continuo.

Guaina
Rivestimento protettivo avente forma di tubo continuo. La guaina può essere costituita da materiale metallico o non metallico.

Gradiente elettrico
È la sollecitazione a cui è soggetto l'isolante nelle normali condizioni di lavoro.
Si esprime in kV/mm e deve essere inferiore alla rigidità dielettrica dell'isolante stesso.

Grado di isolamento di un cavo
Rappresentava una designazione sintetica che teneva conto delle caratteristiche costruttive di prova del cavo.
È stato sostituito dall'indicazione delle tensioni nominali.

Impianto elettrico *(pag. 4)*
Insieme di componenti elettrici elettricamente associati al fine di soddisfare a scopi specifici e aventi caratteristiche coordinate.
Si definisce *sistema elettrico* ciascuna parte di un impianto elettrico costituito dal complesso dei componenti elettrici aventi una determinata tensione nominale.

SEGUE →

Isolante
Un involucro di materiale dielettrico, avvolto attorno al conduttore, destinato a sopportare la tensione elettrica.

Isolante primario *(pag. 10)*
Materiale dielettrico applicato intorno a ciascun conduttore del cavo.

Isolante di riporto
Materiale dielettrico che viene posto in opera per la ricostituzione dell'isolante dei cavi nei punti di giunzione e di terminazione. Può essere formato da più tipi di materiale isolante.

Isolatore passante *(pag. 26)*
Elemento che consente ai conduttori dei cavi di attraversare una parete (ad es. la cassa metallica di un trasformatore) isolando i conduttori da quest'ultima.

Linea di fuga *(pag. 27)*
Distanza minima (ovvero somma delle distanze minime), misurata sulla superficie di un corpo isolante, tra due parti conduttrici soggette in condizioni normali alla tensione di esercizio.
Nel caso dei terminali è la distanza misurata sulla superficie dell'isolante tra il capocorda e lo schermo, (che è messo a potenziale di terra).
Nella determinazione della linea di fuga si tiene conto anche dalle alette dei terminali, ove queste siano presenti.

Media Tensione *(pag. 5)*
(abbreviata con M.T. oppure MT)
Nella pratica corrente attuale, è l'intervallo di tensioni nominali tra le fasi *U* maggiori di 1 kV e fino a 35 kV (incluso):

$$1\ \text{kV} < U \leq 35\ \text{kV}$$

ovvero l'intervallo di tensioni massime U_m maggiore di 1,2 kV e fino a 42 kV (incluso):

$$1{,}2\ \text{kV} < U_m \leq 42\ \text{kV}.$$

Potenziale di terra
È rappresentato dallo stato fisico del terreno rispetto agli altri elementi della rete elettrica.

Rigidità dielettrica
È la proprietà di un materiale isolante di resistere ad una sollecitazione elettrica, ed è rappresentata dalla tensione massima, espressa in kV/mm, che il materiale può sopportare senza che si verifichi una scarica.

Scarica (elettrica)
Conduzione anomala e temporanea di corrente elettrica attraverso parti di un materiale normalmente isolante.

Scarica parziale
Scarica che si verifica localmente nell'isolante o in prossimità del conduttore.
Si verifica quando l'isolante, soggetto ad un certo campo elettrico, non è omogeneo e contiene vacuoli, risacche di aria o gas.
Gli archi elettrici che si manifestano col tempo deteriorano le proprietà isolanti del materiale.

Schermo elettrico *(pag. 12)*
Elemento di un cavo, solitamente al potenziale di terra, che circonda la parte esterna dell'isolante del cavo e che ha la funzione di confinare il campo elettrico all'interno dell'isolante primario.

Tensione massima *(pag. 4)*
Tensione massima per cui un impianto o una sua parte è progettato.

Tensione nominale *(pag. 4)*
Tensione per cui un impianto o una sua parte è progettato.
Si distinguono:

Tensione nominale verso terra U_0
tensione tra un conduttore di fase e la terra (o lo schermo metallico).

Tensione nominale tra le fasi U
tensione tra due conduttori di fase.
Se non ulteriormente specificato, la tensione nominale è la tensione nominale tra le fasi.

Temperatura di esercizio
È la temperatura massima a cui un sistema può funzionare in condizioni normali senza che si alterino le caratteristiche elettriche.

Tensione di fase
La tensione di fase di un sistema elettrico trifase in corrente alternata è il valore riferito al centro stella, ed è detta perciò anche tensione stellata.

Tensione concatenata
È la tensione di un sistema trifase misurata tra due conduttori di fase.

Terminale *(pag. 25, 26)*
Accessorio che realizza la connessione tra l'estremità di un cavo ed un altro elemento (apparecchiatura, sistema di sbarre, etc.) di un impianto.

TURN