

REGIONE CAMPANIA



COMUNE DI COLLE SANNITA PROVINCIA DI BENEVENTO



OGGETTO: REALIZZAZIONE IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA, AI SENSI DEL D.LGS N. 387 DEL 2003, COMPOSTO DA N° 2 AEROGENERATORI, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 6 MW, SITO NEL COMUNE DI COLLE SANNITA (BN), IN LOCALITA' "MONTE FREDDO".

ELABORATO	DESCRIZIONE	SCALA DI RAPP.
Elab 10	Relazione tecnica opere di connessione	//
data: 12/2016		Revisione n° 00

Progettazione:
Ing. Lorenzo Nasta

REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.1 di 33

INDICE

1. PREMESSA

2. GENERALITA'

3. CARATTERISTICHE TECNICHE

3.1 Generalità

3.2 Caratteristiche elettromeccaniche

3.2.1 Collegamento in antenna tra la cabina di consegna e la C.P. "Colle Sannita"

3.2.1.1 Prescrizioni tecniche per la posa interrata del cavo MT

3.2.2 Cabina di consegna - locale consegna

3.2.3 Cabina di consegna – locale misure

3.2.4 Cabina utente

3.2.4.1 Quadri MT della cabina utente

3.2.4.2 Servizi ausiliari della cabina utente

3.2.5 Cavidotto interrato MT dell'impianto di utenza

3.2.5.1 Dimensionamento elettrico

3.2.5.2 Prescrizioni tecniche per la posa del cavo MT

3.2.6 Apparecchiature elettriche della torre eolica

4. OPERE CIVILI E IMPIANTI

4.1 Cabina di consegna, cabina utente – caratteristiche dell'edificio

4.2 Cabina di consegna, cabina utente - impianto luce e F.M.

4.3 Impianto di Terra

4.3.1 Impianto di terra della cabina di consegna e cabina utente

4.3.2 Collegamenti di messa a terra degli schermi dei cavi MT

5. RIFERIMENTI NORMATIVI, LEGGI E PRESCRIZIONI

ALLEGATI:

SCHEDA TECNICA CAVO 3X1X185 mm² ARE4H5EX 12/20 kV UNIFICATO DI ENEL DISTRIBUZIONE

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.2 di 33

1. PREMESSA

Il presente documento è parte integrante del progetto definitivo redatto per la realizzazione della connessione elettrica alla rete di Enel Distribuzione SpA, in riferimento all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, da realizzarsi nel Comune di Colle Sannita (BN), in località "Monte Freddo", caratterizzato da una potenza di 6 MW ed identificato attraverso codice di rintracciabilità Enel113858525.

2. GENERALITA'

La presente relazione indica i criteri per la realizzazione dell'impianto di rete e di utenza in riferimento all'impianto di produzione di energia elettrica attraverso fonte eolica, da realizzarsi nel Comune di Colle Sannita (BN), da connettere alla rete MT di ENEL Distribuzione SpA., mediante realizzazione di una nuova cabina MT, con collegamento in antenna all'esistente Cabina Primaria (CP) AT/MT "Colle Sannita" di proprietà di Enel Distribuzione. L'opera è parte integrante del progetto di realizzazione della centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica, che la società richiedente Cogein Energy Srl, intende realizzare nel Comune indicato.

L'impianto, nel suo complesso, può essere suddiviso nelle seguenti distinte sezioni:

a) Parco eolico

Il parco eolico da realizzare è costituito da N° 2 aerogeneratori modello Vestas 3 MW. Tali aerogeneratori saranno installati nel Comune di Colle Sannita (BN).

b) Cavidotto interrato MT di collegamento tra il parco eolico e la cabina utente.

L'energia prodotta dal parco eolico è trasmessa verso la rete, attraverso un cavidotto interrato esercito alla tensione nominale di 20 kV. Tale cavidotto si sviluppa all'interno dei seguenti Comuni appartenenti alla Provincia di Benevento: Circello e Colle Sannita.

c) Cabina di consegna e cabina utente

Prima di essere immessa in rete, l'energia transita attraverso la cabina utente e successivamente attraverso la cabina di consegna. Queste due cabine saranno ubicate esternamente ed in adiacenza alla CP di "Colle Sannita" di proprietà di Enel Distribuzione Spa, situata nel Comune omonimo. Le suddette cabine saranno installate all'interno del Foglio 33 – Particella 438 – Comune di Colle Sannita (BN)

d) Collegamento MT tra la cabina di consegna ed il quadro MT della CP esistente

L'energia prodotta dal campo eolico viene immessa in rete attraverso una linea dedicata esercita a 20 kV, di lunghezza complessiva 100m, che collega la Cabina di Consegna al quadro MT della CP "Colle Sannita"

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.3 di 33

e) Punto di Consegna dell'impianto

La connessione in antenna alla rete di distribuzione MT 20 kV mediante stallo dedicato, costituente l'impianto di rete, si realizza attraverso una nuova linea afferente alle sbarre del Quadro MT esistente della CP 150/20kV "Colle Sannita", di proprietà di ENEL Distribuzione S.p.A.

Il Punto di consegna è ubicato nell'impianto di rete per la connessione ed è definito dai morsetti a valle del dispositivo di sezionamento di ENEL Distribuzione che alimenta l'impianto Utente, cui si attesta il terminale del cavo di collegamento; esso costituisce il confine funzionale e di proprietà tra impianto di rete per la connessione, di competenza di ENEL Distribuzione, e impianto di utenza di competenza dell'Utente.

Nella tavole grafiche allegate al progetto è riportata l'ubicazione della cabina di consegna, della cabina utente e del punto di connessione alla rete di Enel Distribuzione.

3. CARATTERISTICHE TECNICHE

3.1 Generalità

La cabina di consegna ubicata nel Comune di Colle Sannita (BN), sarà predisposta per essere asservita all'impianto di produzione ubicato nel territorio del Comune di Colle Sannita (BN).

Detta cabina di consegna esercita a 20 kV sarà collegata alle sbarre del quadro MT dell'esistente CP di Colle Sannita, attraverso un nuovo cavidotto costituito da un cavo interrato 3x1x185 mm² 20 kV, con conduttore in alluminio di lunghezza complessiva 100m.

La cabina di consegna sarà conforme alla specifica Enel DG2092 Rev.02 – Luglio 2011 e pertanto costituita da due locali distinti:

- locale consegna, con accesso riservato ad Enel Distribuzione, che conterrà uno scomparto d'arrivo dei cavi MT dalla CP di Enel Distribuzione ed uno scomparto di partenza per il cavo d'alimentazione dell'impianto d'utente. Tale locale sarà allestito da Enel Distribuzione in un locale messo a disposizione dal cliente;
- locale misure, contenente l'insieme del gruppo di misura dell'energia elettrica di scambio con la rete M1. Tale locale sarà caratterizzato da un unico accesso praticato sulla strada attraverso cui accederanno sia il Distributore sia l'Utente.

In posizione adiacente alla cabina di consegna sarà installata la cabina utente, con accesso riservato alla società richiedente, contenente le apparecchiature di protezione e manovra, costituite dal dispositivo generale "DG" e dal dispositivo d'interfaccia "DI" per la connessione dell'impianto utente, il trasformatore ed il quadro dei servizi ausiliari SA.

La cabina di consegna sarà collegata elettricamente alla cabina utente attraverso un cavo il più corto

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.4 di 33

possibile (massimo 20 m) di sezione 95 mm² di rame, con tensione nominale 20 kV allestito dal Cliente.

Il posizionamento catastale della cabina di consegna e della cabina utente è riportato nelle tavole grafiche allegate.

I dati generali utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono riportati nella tabella che segue:

Caratteristiche elettriche del sistema:

Tensione di esercizio del sistema:	20	kV
Tensione massima del sistema:	24	kV
Frequenza nominale:	50	Hz
Tensione di tenuta a frequenza industriale:	50	kV
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico (1,2/50µs):	125	kV
Corrente di corto circuito di breve durata (1 s)	12,5	kA
Corrente di guasto monofase a terra	50	A

Condizioni Ambientali di riferimento

I componenti delle cabine sono stati dimensionati sulla base delle seguenti condizioni ambientali del sito di installazione:

Parametro	Valore	U.M.
Altitudine s.l.m.	≤ 1000	m
Temperatura ambiente (min/max)	-20 +40	°C
Umidità relativa max	100	%
Velocità max del vento	130	Km/h
Tenuta alle sollecitazioni sismiche	0.2	g

3.2 Caratteristiche elettromeccaniche

3.2.1 Collegamento in antenna tra la cabina di consegna e la C.P. "Colle Sannita"

All'interno dell'edificio quadri MT dell'esistente CP 20/150 kV "Colle Sannita", sarà allestito dall'Enel Distribuzione con onere a carico del produttore, un nuovo scomparto per la realizzazione del collegamento in antenna con la cabina di consegna. Tale scomparto MT sarà del tipo in lamiera zincata, con porte e pannelli frontali verniciati in grigio RAL 7035, conforme alle seguenti norme e disposizioni di legge:

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.5 di 33

- IEC 298 – 1990
- CEI 17-6 fascicolo 2056
- CENELEC HD 187 S5
- D.P.R. 547 e vigenti norme antinfortunistiche.

Tale scomparto sarà del tipo a tenuta di arco interno, al fine di garantire ulteriormente la sicurezza del personale, inoltre, sarà predisposto con interblocchi di sicurezza che garantiscono la sicurezza delle manovre.

All'interno del suddetto scomparto alloggeranno le apparecchiature MT necessarie per l'esercizio dell'impianto, che saranno conformi ai disegni unificati Enel.

Le prescrizioni per il collaudo d'accettazione sono contenute nel documento Enel DY1674.

Il suddetto collegamento interrato avverrà con un cavidotto posato su strada asfaltata (70m) e su terreno naturale (30m) un'altra parte, e sarà realizzato, in conformità al preventivo di connessione emesso, con cavo conforme alla seguente tabella di unificazione di Enel Distribuzione:

- DC4385/2 matricola 332284, cavo 3x1x185 mm² tripolare cordato ad elica visibile per posa interrata con conduttore in alluminio, isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo d'alluminio e guaina in PE (sigla di designazione: ARE4H5EX);
- DC 4677/2 matricola 359051, cavo a fibre ottiche multifibre, dielettrico, tamponato, per posa in tubazione, a 24 fibre sigla TOS4 24 4 (6SMR) T/EKE

3.2.1.1 Prescrizioni tecniche per la posa interrata del cavo MT.

Sollecitazioni meccaniche

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed.III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che le sollecitazioni di trazione da imporre al cavo durante la posa, devono essere applicate non ai rivestimenti protettivi di cui è dotato il cavo stesso, bensì unicamente ai conduttori. Per un conduttore in alluminio di sezione 3x1x185 mm² lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore ai seguenti valori:

$$50 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 27750 \text{ N}$$

Pertanto quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.6 di 33

cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

Raggi di curvatura

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 Ed.III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio. Indicato con D=diametro esterno del cavo, per la formazione in oggetto 3x1x185 mm² il valore minimo del raggio di curvatura, misurata sulla generatrice interna dei cavi, da rispettare nella posa è:

$$14D \rightarrow 0,70 \text{ m}$$

In cui D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da piu' cavi unipolari cordati ad elica visibile il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggiore diametro. La sezione del cavidotto è riportata nella tavole grafiche allegate, le principali proprietà sono le seguenti:

- Posa: cavidotto interrato in strada asfaltata pubblica e su terreno naturale (strada sterrata privata);
- Tipologia di posa: in tubo protettivo interrato (N – CEI 11.17);
- Cavo: Tripolare ad elica visibile (E1 – CEI UNEL 35027)
- Profondità di posa: CEI 11.17

3.2.2 Cabina di consegna – locale consegna

Il locale consegna conterrà gli scomparti conformi alla “Guida per la connessione alla rete elettrica di Enel Distribuzione” ed al progetto di unificazione di Enel Distribuzione. Essi saranno del tipo N° 1 scomparto linea “SL” che collega la suddetta cabina di consegna alla CP “Colle Sannita” e N°1 scomparto “SC” di partenza per il cavo MT d'alimentazione dell'impianto d'utente. Tali scomparti saranno conformi alle seguenti specifiche di Enel Distribuzione:

- a) Scomparto linea “SL”: ENEL DY 800/116 – matr.162410
- b) Scomparto consegna “SC”: Enel DY 803M/316 – Matr. 162317

Lo scomparto linea DY 800/116, sarà equipaggiato con i seguenti componenti elettrici:

- Interruttore isolato in vuoto, a comando elettrico motorizzato;
- Sezionatore isolato in SF6;
- I_k=16 kA

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.7 di 33

Tale scomparto, inoltre, sarà equipaggiato con il dispositivo di Rilevatore di Guasto Direzionale e di Assenza di Tensione (RGDAT), conforme alla specifica Enel DY1059, interconnesso all'UP, Unità periferica di telecontrollo, fornita conforme alla specifica tecnica DX1215, elemento necessario per l'implementazione dell'algoritmo di controllo dello stato, monitoraggio guasti e gestione automatica del telecontrollo della rete MT di Enel Distribuzione.

Lo scomparto consegna DY803M/316, conterrà i TV e TA necessari al funzionamento del sistema di misura dell'energia elettrica scambiata con la rete (contatore M1).

Il locale consegna è ceduto dal proponente in uso esclusivo e a titolo gratuito ad Enel Distribuzione fino a quando resterà in essere il collegamento elettrico. In detto locale Enel potrà installare tutte le apparecchiature e gli organi di manovra, da considerarsi asservite all'impianto di Rete per la connessione, ritenute necessarie al corretto funzionamento del nodo di connessione e al collegamento dell'impianto d'Utente anche in relazione alle evoluzioni tecnologiche.

3.2.3 Cabina di consegna – locale misure

Il locale misure inserito nella cabina di consegna, contiene l'insieme delle apparecchiature indicate con M1 (Contatore di energia di scambio).

I TA e TV per il rilievo delle grandezze per M1, sono quelli appartenenti al progetto di unificazione di Enel. Il contatore M1 dovrà essere fornito completo di sistema per la tele-lettura in accordo alle specifiche di Enel Distribuzione; inoltre tale contatore sarà sottoposto al regime UTF per la certificazione dell'Agenzia delle Dogane.

3.2.4 Cabina Utente

La cabina utente sarà collegato alla cabina di consegna con un cavo di sezione 95 mm² di rame di lunghezza massima 20 metri.

All'interno della cabina utente saranno installati i quadri MT contenenti le apparecchiature elettromeccaniche necessarie per il funzionamento del sistema, il trasformatore connesso al quadro in BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari per il funzionamento della cabina di consegna e cabina utente, dotato di gruppo UPS, per garantire l'alimentazione in emergenza delle protezioni in conformità alla CEI 0-16. Sui suddetti quadri saranno installati il sistema di protezione generale "SPG" al quale è demandato il funzionamento del dispositivo generale "DG" ed il sistema di interfaccia "SPI" al quale è demandato il funzionamento del dispositivo d'interfaccia "DI".

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.8 di 33

3.2.4.1 Quadri MT della cabina utente

I quadri e le apparecchiature di fornitura devono essere progettati, prodotti e testati in conformità con le norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e IEC (Commissione Elettrotecnica Internazionale) rispettivamente in vigore e, in particolare, con le seguenti norme:

Quadri	CEI EN 60298 (fascicolo 4973); IEC 62271-200
Interruttori	CEI 17-1 (fascicolo 1375); IEC 62271-100
Sezionatori	CEI 17-4; CEI EN 60694; IEC 60129; IEC 60694 (IEC 62271-102)
I.M.S.	CEI 17/9-1 CEI EN 60694 ; IEC 60265-1 IEC 60694 (IEC 62271-103/105)
Fusibili	CEI EN 60282-1 ; IEC 60282-1

In funzione delle proprietà del sistema elettrico in oggetto, il presente progetto è stato sviluppato prevedendo un DG (Dispositivo Generale) coincidente con il DI (dispositivo Interfaccia), scelta progettuale tecnica compatibile con le prescrizioni della alla norma CEI 0-16.

Il sistema di protezione generale "SPG" al quale è demandato il funzionamento del dispositivo generale "DG" è composto dai seguenti componenti:

- Relè di protezione 50-51-50N-67N, con relativa alimentazione;
- N° 3 trasformatori amperometrici TA per la protezione della massima corrente di fase, con caratteristiche 300/5A – 10VA – 5P30;
- N° 1 trasformatore di corrente TA toroidale per la protezione contro i guasti a terra, con caratteristiche 100/1A – 2VA – classe di precisione conforme alla CEI 0-16;
- N° 3 trasformatori di tensione TV fase-terra per la protezione direzionale, con caratteristiche 50 VA – classe (0,5- 3P), fattore di tensione 1,9 per 30 s, valore di induzione di lavoro non superiore a 0,7T, rapporto di trasformazione tale da produrre una tensione secondaria sul circuito del triangolo aperto uguale a 100V in caso di guasto monofase franco a terra sulla rete MT.

Oltre il suddetto "SPG", i quadri d'utenza conterranno anche il dispositivo "SPI" (Sistema di protezione d'Interfaccia), al quale è demandato il funzionamento del dispositivo d'interfacciaia "DI", in accordo a quanto prescritto dalla norma CEI 11.20, alla Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione", nonché alla norma CEI 0-16 e equipaggiato con i seguenti componenti a relè:

- 59: massima tensione
- 27: minima tensione
- 81>: massima frequenza
- 81>: minima frequenza
- 59Vo: Massima tensione residua
- 59Vi: massima tensione sequenza inversa
- 27 Vd: minima tensione sequenza diretta

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.9 di 33

Per il funzionamento del "SPI" sarà installato all'interno dello scomparto misure N° 2 TV f-f dalle seguenti caratteristiche: 20000/100V – 5VA - Cl.0,5 – 3P – fatt. di tensione 1,2 per 30s.

Le impostazioni delle tarature delle suddette apparecchiature di protezione SPG ed SPI derivano dalle prescrizioni indicate dalla norma CEI 0-16 e dal regolamento di esercizio da sottoscrivere con Enel Distribuzione tali impostazioni saranno definite con Enel Distribuzione in funzione delle esigenze tecniche della rete MT.

I quadri utente saranno equipaggiati con interruttori. Sezionatori, ed IMS isolati in gas SF6

Le proprietà elettriche dei suddetti quadri sono:

- tensione nominale 24 kV;
- corrente nominale delle sbarre principali 400A
- corrente nominale ammissibile di breve durata 12,5 kA (1s)
- corrente termica nominale interruttori 630A
- corrente termica nominale sezionatori ed IMS 400A

Tali scomparti saranno equipaggiati in conformità alla CEI 0-16 e realizzati secondo la composizione modulare indicata nello schema elettrico unifilare.

3.2.4.2 Servizi ausiliari della cabina utente

La cabina utente sarà caratterizzata dall'installazione di un trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari delle utenze in bassa tensione presenti in tutte le aree della cabina utente e della cabina di consegna.

Lo scomparto MT d'alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari conterrà tutte le apparecchiature di protezione e sezionamento della suddetta macchina norme CEI EN 60129 – CEI EN 60265 (IMS combinato con fusibili di protezione).

Il Trasformatore dei servizi ausiliari sarà di potenza nominale 10 kVA, $20 \pm 2 \times 2,5\% / 0,4$ kV, 50Hz, isolamento in resina, raffreddamento AN, gruppo Dyn11, tensione di corto circuito 4%.

Esso sarà posizionato all'interno del locale utente; tale trasformatore, in conformità alla norma CEI 99-2-1, sarà rinchiuso all'interno di una griglia metallica IP>1XB ed altezza minima 1,8m, avente lo scopo di impedire i contatti diretti. Le dimensioni ed il posizionamento di tale griglia di protezione sono riportati nell'elaborato allegato. Sarà installato un quadro d'alimentazione BT (quadro SA), grado di protezione minimo IP30, per la distribuzione in corrente alternata, contenente tutte le apparecchiature di protezione e sezionamento dell'impianto in BT relativo ai servizi ausiliari.

Tale quadro dovrà essere realizzato in conformità allo schema elettrico riportato.

In conformità alla CEI 0-16 il sistema di protezione SPG/SPI sarà alimentato attraverso un UPS tipologia Online a doppia conversione, di tipo monofase e di potenza 5 kVA, alimentato dal suddetto quadro dei servizi ausiliari di cabina.

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.10 di 33

3.2.5 Cavidotto interrato dell'impianto di utenza

In tale paragrafo si tratta il cavidotto interrato esercito a 20 kV collegante lo scomparto di media tensione della cabina utente al parco eolico (impianto di utenza).

3.2.5.1 Dimensionamento elettrico

Nel seguito si elencano i parametri elettrici del suddetto collegamento elettrico:

- Cavo: 3x1x185 mm² sigla RG7H1OR 12/20 kV
- Tipologia del sistema: trifase;
- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione nominale: 20 kV;
- Tensione massima del sistema: 24 kV;
- Massima durata permessa di funzionamento per ogni singolo caso di funzionamento con una fase a terra, per ciascun guasto a terra: Categoria A fino ad 8 ore;
- Tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza d'esercizio tra un conduttore isolato qualsiasi e la terra: $U_0 = 12$ kV;
- Modalità di posa: in tubo interrato – N (CEI 11.17)

Per la determinazione della portata del cavo si è fatto riferimento alla seguente condizione operativa definita dalla norma CEI - Unel 35027:

- Profondità Posa: 0,8 m
- Temperatura del terreno di riferimento: 20°C
- Resistività termica del terreno: 1,5 Km/W

La modalità di posa impiegate nel suddetto calcolo relativamente alla sezione MT è quella standard indicata con E1 ed E2: cavo tripolare posato dentro un tubo il cui diametro esterno sarà $\Phi=160$ mm (superiore a 1,5 volte il diametro del cavo circoscritto).

La norma CEI EN 35027 definisce i criteri per la determinazione della portata dei cavi di energia con tensione nominale da 1kV a 30 kV.

La formula per il calcolo della portata è la seguente (CEI EN 35027):

$$I_Z = I_0 \times k$$

$$k = k_u \times K_d \times K_p \times K_r$$

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.11 di 33

I_0 = Portata definita dalle tabelle della norma CEI EN 35027, corrispondente a specificate condizioni di posa interrata;

K = coefficiente correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa

K_{tt} = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20 °C;

K_d = coefficiente di correzione per spaziatura 250 mm piuttosto che 70 mm, valido per cavi direttamente interrati;

K_p = coefficiente di correzione per valori di profondità di posa differenti da 0,8m

K_r = coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno differenti da 1,5 Km/W

Per il cavidotto di media tensione costituente l'impianto di utenza, si adottano i valori riportati nella "Tabella di sintesi calcolo elettrico"

In merito alla profondità di posa si rileva che la portata definita dalle tabelle della CEI 35027 si riferisce ad un valore di 0,8m, assumendo come riferimento il centro del tubo. Il cavidotto in oggetto è realizzato attraverso sezioni di scavo la cui composizione e dimensione dipende dal tipo di strada su cui è installato (vedi tavole grafiche allegate). Considerato che il diametro del tubo è 160 mm, si configurano due casi:

- Strada sterrata privata: profondità scavo - 0.8m → quota centro tubo = -0.72m;
- Strada asfaltata pubblica: profondità scavo -1.2m → quota centro tubo = -1.12m.

In corrispondenza di un tratto di collegamento realizzato in parte su strada asfaltata pubblica ed in parte su strada sterrata privata, si considera come quota del centro tubo il valore -1.12 che comporta la riduzione di portata complessiva del tratto, calcolo a favore della sicurezza.

Il calcolo della sezione del cavo MT dell'impianto di utenza è realizzato nel soddisfacimento dei seguenti punti:

- 1) Verifica della portata
- 2) Verifica della massima caduta di tensione
- 3) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito
- 4) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

Nella "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono riportati i valori di calcolo eseguito, analizzato nei paragrafi seguenti.

1) Verifica della portata

Il valore della corrente nominale sul lato MT di ciascun aerogeneratore componente il parco eolico è:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n} = \frac{3000000}{\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 0,95} = 91,2A$$

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.12 di 33

Si è assunto un fattore di potenza 0,95.

Pertanto per ciascun aerogeneratore si considera come valore della corrente d'impiego il valore $I_B=91,2A$

Nella "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono riportati i valori di calcolo eseguito

Pertanto la verifica della portata è soddisfatta.

2) Verifica della massima caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione lungo la linea si è utilizzata la seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_B \cdot (R_L \cos \varphi + X_L \sin \varphi)$$

dove:

ΔV : caduta di tensione [V]

L: lunghezza della linea [km]

I_B : corrente di impiego [A]

$\cos \varphi$: fattore di potenza

R_L : resistenza del cavo elettrico [Ω/km]

X_L : reattanza del cavo elettrico [Ω/km]

In valore percentuale la caduta di tensione è stata calcolata come:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100$$

V_n : Tensione nominale del sistema = 20000 V

In base al dimensionamento eseguito emerge che il valore percentuale della caduta di tensione totale della linea MT di collegamento tra il parco eolico e le sbarre della cabina utente, è contenuto al di sotto del valore massimo fissato al valore del 4%, valore limite ritenuto accettabile in relazione al servizio, come richiesto dalla norma CEI 11.17.

In "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono indicati i valori del suddetto calcolo.

In seguito al calcolo della caduta di tensione si procede anche alla verifica delle perdite elettriche associate al suddetto collegamento elettrico. A tale scopo si adotta la seguente relazione:

$$P_{joule} = 3 \cdot R_L \cdot I_B^2 \cdot L$$

dove:

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.13 di 33

P_{joule} : perdite joule [W]

R_L : resistenza elettrica della linea [Ω /km]

L: lunghezza della linea [km]

I_B : corrente d'impiego del tratto [A]

In valore percentuale, si ottiene :

$$P_{joule} \% = \frac{P_{joule}}{P_{trasmessa}} \cdot 100$$

Si fa riferimento alla massima potenza che l'impianto può trasferire ossia 6000 kW.

In "Tabella di sintesi calcolo elettrico" sono riportati i valori derivanti dal calcolo in oggetto.

Linea	Tratto	Lunghezza [km]	Potenza trasmessa [kW]	cos ϕ	Corrente impiego [A]	Sezione Cavo [mm ²]	Modalità posa	Io [A]	ktt	kd	kp	kr	Iz [A]	R_L [Ω /km]	X_L [Ω /km]	ΔV [Volt]	ΔV [%]	Perdite potenza linea [kW]	Perdite potenza linea [%]
Collegamento parco eolico -	Torre CS1 - Torre CS2	0,810	3000	0,95	91,2	185 Cu	E1	285	1	1	0,99	1	282	0,128	0,120	20,3	0,10%	2,57	0,086%
	Torre CS2 - Cabina utente	4,300	6000	0,95	182,3	185 Cu	E1	338	1	1	0,99	1	335	0,128	0,120	215,4	1,08%	54,68	0,911%
	Totale	5,110	6000													235,7	1,18%	57,3	0,95%

Tabella di sintesi calcolo elettrico

3) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito

La sezione del conduttore viene scelta in maniera tale che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità.

Qualora la sovracorrente sia praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), il cavo risulta protetto se è soddisfatta la seguente relazione (integrale di Joule):

$$\int_0^{t_g} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

- i = valore istantaneo della corrente di cortocircuito

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.14 di 33

- $\int_0^{t_g} i^2 dt =$ energia specifica passante nel dispositivo di protezione
- $t_g =$ tempo d'interruzione del guasto (tempo d'apertura dei contatti + tempo d'estinzione dell'arco elettrico) = 0,25 s
- S = Sezione del cavo
- $K^2 S^2 =$ energia ammissibile dal cavo (ipotesi di sistema adiabatico)

K è una costante caratteristica del cavo. E' un valore indicato dalle Norme (CEI 11-17) ed è stabilito in funzione della temperatura massima ammissibile di funzionamento del conduttore (90°C), della temperatura massima di cortocircuito per i diversi isolanti specificati nella Norma 11-17 (250°C) e del tipo di conduttore. Per un cavo isolato in EPR/XLPE, con conduttore in rame risulta $K = 143$, con conduttore in alluminio $K=92$

Se tale disuguaglianza è soddisfatta, in corrispondenza del passaggio di una corrente di corto circuito all'interno del cavo, è rispettata la condizione di non superamento della temperatura massima ammissibile del cavo in corto circuito. Nell'ipotesi che il fenomeno abbia una durata superiore ad un decimo di secondo è sufficientemente verificata la seguente relazione:

$$I_{cc}^2 \cdot t_g \leq K^2 S^2$$

I_{cc} = valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito

L'espressione della corrente di cortocircuito rispetto alla quale deve essere eseguita la verifica della sezione del cavo è la seguente:

$$I_{cc} = I_{ccrete} + I_{ccutente}$$

La corrente di corto circuito è la somma di due termini: I_{ccrete} è il contributo alla corrente di corto circuito dovuto alla rete MT presente a monte del punto di corto circuito, mentre $I_{ccutente}$ è il contributo dovuto all'impianto di produzione dell'utente a valle del punto di corto circuito.

Il termine I_{ccrete} dipende dalle caratteristiche della rete MT a cui l'impianto di produzione si connette; per la verifica della sezione minima del cavo che soddisfa l'integrale di Joule di assume $I_{ccrete}=12,5$ kA, cioè si assume il valore massimo caratterizzante la rete di media tensione (dato fornito da Enel Distribuzione). Tale ipotesi è sicuramente cautelativa, in quanto il valore reale di tale corrente risulterà certamente inferiore al valore ipotizzato, considerando l'effetto dell'abbattimento provocato dalle impedenze di linea,

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.15 di 33

comprese tra il punto di alimentazione del generatore equivalente della rete MT ed il punto di partenza del cavo in oggetto.

- E = Tensione nominale di fase riportata sul lato MT = $20000/\sqrt{3}$ [V]
- $X_{eqgener}$ = Reattanza equivalente del generatore [Ω]
- $X_{TrasfBT-MT}$ = reattanza equivalente del trasformatore BT/MT [Ω]

All'interno della torre eolica è installato il trasformatore del generatore eolico, per il quale si considerano i seguenti dati di targa:

$$P_n = 3350 \text{ kVA} \quad V_{cc\%} = 6\%$$

$$X_{TrasfBT-MT} = \frac{V_n^2 \cdot v_{cc} \%}{100 \cdot P_n} = \frac{20000^2 \cdot 6}{100 \cdot 3350000} = 7,2\Omega$$

Dai dati di targa del generatore eolico la cui potenza nominale è 3000 kW, si conosce il valore di $x_{eqgener} = 17\%$ e pertanto, assumendo un fattore di potenza unitario, si determina:

$$X_{eqgener.} = \frac{V_n^2 \cdot x_{eq} \%}{100 \cdot P_n} = \frac{20000^2 \cdot 17}{100 \cdot 3000000} = 22,7\Omega$$

Pertanto risulta:

$$I_{CCgener} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{7,2 + 22,7} = 387 \text{ A} = 0,387 \text{ kA}$$

Considerato che il parco eolico è composto da N°2 generatori eolici uguali, si determina:

$$I_{CCeolico} = 0,774 \text{ kA}$$

Pertanto il valore globale della corrente di corto circuito risulterà:

$$I_{cc} = 12,5 + 0,774 = 13,27 \text{ kA}$$

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.16 di 33

Nota il valore della corrente di corto circuito si passa alla determinazione della sezione minima:

$$S \geq \frac{I_{CC}}{K} \cdot \sqrt{t_g} \quad \Rightarrow \quad S_{\min} = \frac{13270}{143} \cdot \sqrt{0,25} = 46,4 \text{ mm}^2$$

Pertanto in riferimento al sistema elettrico in oggetto, risulta calcolato il valore della sezione minima di cavo in rame isolato in G7/XLPE protetta dal corto circuito. La sezione 185 mm² è tale da soddisfare la condizione di verifica al corto-circuito.

4) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

In merito alla condizione di verifica al sovraccarico, occorre seguire quanto prescritto all'interno della norma CEI 11.17; è necessario evitare che valori di corrente superiori alla portata del cavo possano determinare fenomeni di invecchiamento precoce dell'isolante del cavo stesso. A tale fine è sufficiente che la corrente di taratura della soglia termica dell'interruttore magnetotermico installato a protezione del cavo in oggetto (I_r) non sia maggiore della portata del cavo stesso. Pertanto occorre regolare la soglia di intervento termico affinché risulti $I_r < I_z$.

In conclusione la sezione 185 mm² in rame risulta essere tale da soddisfare tutti i vincoli elettrici indicati ai punti precedenti 1)- 2) 3) e 4).

3.2.5.2 Prescrizioni tecniche per la posa del cavo MT

Sollecitazioni meccaniche

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed.III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che le sollecitazioni di trazione da imporre al cavo durante la posa, devono essere applicate non ai rivestimenti protettivi di cui è dotato il cavo stesso, bensì unicamente ai conduttori. Per un conduttore in alluminio di sezione 3x1x185 mm² lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore ai seguenti valori:

$$60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 33300 \text{ N}$$

Pertanto quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.17 di 33

intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

Raggi di curvatura

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 Ed.III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio. Indicato con D=diametro esterno del cavo, per la formazione in oggetto 3x1x185 mm² il valore minimo del raggio di curvatura, misurata sulla generatrice interna dei cavi, da rispettare nella posa è:

$$14D \rightarrow 1,07m$$

In cui D è il diametro esterno del cavo. Nel caso di cavi multipolari costituiti da piu' cavi unipolari cordati ad elica visibile il diametro D da prendere in considerazione è quello pari a 1,5 volte il diametro esterno del cavo unipolare di maggiore diametro.

La sezione del cavidotto è riportata nella tavole grafiche allegate, le principali proprietà sono le seguenti:

- Posa: cavidotto interrato in strada asfaltata pubblica e strada sterrata privata;
- Tipologia di posa: in tubo protettivo interrato (N – CEI 11.17);
- Cavo: Tripolare ad elica visibile (E1 ed E2 – CEI UNEL 35027)
- Profondità di posa: CEI 11.17 e DLGS 30/4/92 n°285 e DPR 16/12/1992 n°495 (codice della strada)

Attraversamenti Valloni esistenti

Il percorso del cavidotto MT interrato (impianto di utenza) prevede l'attraversamento di determinati valloni individuati sulle planimetrie grafiche allegate al progetto.

Al fine di proteggere meccanicamente il cavidotto lungo lo sviluppo del suddetto attraversamento, i cavi saranno posati all'interno di tubazione in PEAD staffata al muretto laterale del ponte.

Le caratteristiche del tubo da impiegare per i suddetti attraversamenti sono: tubo corrugato a doppia parete tipo pesante diametro esterno 160 mm, resistenza allo schiacciamento CEI EN 50086-2-4/A1 (CEI 23-46, V1) 750N con deformazione diametro interno del 5%.

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.18 di 33

3.2.6 Apparecchiature elettriche della torre eolica

In tale paragrafo si forniscono le caratteristiche elettriche delle apparecchiature elettriche disposte all'interno di ciascuna torre eolica.

Quadri MT:

- Tensione nominale: 24 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Configurazione di collegamento scomparti: vedi schema unifilare
- Tipo isolamento: SF6
- Corrente nominale di sbarra: 630 A
- Corrente ammissibile nominale di breve durata (1s): 16 kA
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale di breve durata, tra le fasi e verso terra: 50 kV (valore efficace)
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale di breve durata, tra i contatti aperti: 60 kV (valore efficace)
- Tensione nominale di tenuta ad impulso tra le fasi e verso terra: 125 kV (valore picco)
- Tensione nominale di tenuta ad impulso tra i contatti aperti: 145 kV (valore picco)

Trasformatore BT/MT:

- Potenza nominale: 3350 kVA
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Rapporto di trasformazione: 690/20000 V
- Vcc: 6 %
- Gruppo: Dyn5
- Raffreddamento: AN
- Collegamenti avvolgimenti: BT (stella, con centro stella a terra) – MT (triangolo)

Dal lato BT del trasformatore sarà derivata l'alimentazione dei seguenti gruppi di misura:

- Contatore M2: misura energia prodotta, con TA dedicato

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.19 di 33

4. OPERE CIVILI E IMPIANTI.

4.1 Cabina di consegna, cabina utente - caratteristiche dell'edificio

L'edificio della cabina di consegna (locale consegna + locale misure) sarà realizzato mediante la soluzione in box prefabbricato in cemento armato vibrato (c.a.v.), realizzato in conformità alla specifica Enel DG2092 Rev.02 – 2011.

La cabina utente e la cabina di consegna saranno realizzate anch'esse attraverso la soluzione di un box prefabbricato in c.a.v. e rispetteranno per quanto applicabili le prescrizioni normative costruttive riportate nella specifica DG2092 Rev.02-2011; inoltre tali cabine devono risultare conformi alle prescrizioni della norma CEI 99-4.

I disegni riportanti i suddetti box prefabbricati costituenti la cabina di consegna, la cabina utente sono riportati nella tavole grafiche allegate al presente progetto.

4.2 Cabina di consegna, cabina utente - Impianto Luce e F.M.

In riferimento alla cabina di consegna, l'impianto di illuminazione interno sarà realizzato secondo quanto prescritto nella specifica Enel DG2092 Rev.02 – Luglio 2011.

In riferimento alla cabina utente l'impianto d'illuminazione sarà realizzato attraverso l'installazione di n° 4 plafoniere con lampade fluorescenti da 30 W, analoghe a quelle installate nel locale Enel (DY3021). L'accensione di tali lampade sarà comandato da un interruttore 16A

Inoltre la suddetta cabina sarà dotata di una presa interbloccata 2P+T ed una 3P+T entrambe da 16A e grado di protezione IP44.

4.3 Impianto di terra

4.3.1 Impianto di terra della cabina di consegna e cabina utente

L'impianto di terra della cabina di consegna e della cabina utente sarà progettato, dimensionato e costruito in conformità alla norma CEI 99-3.

In accordo alle prescrizioni Enel "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" e le norme CEI, l'impianto di terra della cabina di consegna e della cabina utente, presenterà una parte interna ed una esterna; esso sarà conforme alle prescrizioni tecniche della specifica Enel Distribuzione DG 2092-Rev.02.

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.20 di 33

Impianto Interno:

E' costituito dall'insieme dei collegamenti equipotenziali di tutte le apparecchiature elettromeccaniche presenti all'interno della cabina ed anche ogni massa metallica estranea all'impianto. Il conduttore di terra adottato sarà una corda di rame nudo di sezione 35 mm^2 attestato attraverso capicorda a compressione. Connettori a compressione a "C" sono impiegati per realizzare i collegamenti equipotenziali delle masse metalliche al conduttore di terra ed il collegamento tra la rete interna e quella esterna della cabina.

Impianto Esterno:

In riferimento alla cabina di consegna ed utente, in accordo alle prescrizioni Enel "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" e alla norma CEI 99.3, esso è realizzato da un dispersore orizzontale costituito da una corda di rame sezione 35 mm^2 , installato ad una profondità di 0,5 m rispetto al piano del terreno e si sviluppa attraverso un anello chiuso intorno alla fondazione della cabina a distanza di 1 m da quest'ultima (*anello semplice*).

Ai vertici dell'anello il dispersore orizzontale è collegato attraverso appositi capicorda a compressione a due fori, ai paletti di terra verticali, costituiti da profilati in acciaio zincato a caldo con sezione a "T", di lunghezza 160 cm.

I dettagli realizzativi dell'impianto di terra sono indicati nelle tavole grafiche allegate.

In accordo alla CEI 99-3 si riporta la definizione delle principali grandezze caratterizzanti l'impianto di terra:

- 1) Tensione totale di terra U_E : tensione tra un impianto di terra e la terra di riferimento;
- 2) Impedenza di terra Z_E : impedenza ad una data frequenza, tra un punto specifico in un sistema o impianto o apparecchiatura e la terra di riferimento;
- 3) Tensione di contatto U_T : tensione tra parti conduttrici quando vengono toccate simultaneamente;
- 4) Corrente di guasto a terra I_E : corrente che fluisce dal circuito principale verso terra o verso parti collegate a terra, nel punto di guasto;
- 5) Corrente di terra I_E : corrente che fluisce verso terra tramite l'impedenza collegata a terra
- 6) Dispersore di terra: parte conduttiva che può essere annegata in uno specifico mezzo conduttore (es. nel calcestruzzo), in contatto elettrico con il terreno;
- 7) Conduttore di terra: Conduttore che realizza un collegamento o parte di un collegamento conduttivo, tra un dato punto in un sistema, in un impianto, o apparecchiature ed un dispersore.

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.21 di 33

In accordo alla suddetta norma il dimensionamento dell'impianto di terra in riferimento al conduttore di terra ed al dispersore di terra, deve avvenire in accordo a tre requisiti tecnici:

- Dimensionamento rispetto alla corrosione ed alle sollecitazioni meccaniche
- Dimensionamento rispetto alla tensione di contatto
- Dimensionamento rispetto al criterio termico

Dimensionamento rispetto alla corrosione ed alle sollecitazioni meccaniche

In merito al dispersore, essendo direttamente a contatto con il terreno, deve essere costruito con materiale in grado di sopportare la corrosione (aggressivi chimici o biologici, formazione di coppia elettrolitica, elettrolisi, etc.). Il dispersore deve resistere alle sollecitazioni meccaniche durante la sua installazione ed a quelle che si verificano durante il servizio ordinario. Le dimensioni minime dei dispersori sono indicate nell'Allegato C della norma CEI 99-3, che si riporta nel seguito.

In merito invece ai conduttori di terra la suddetta norma fissa le seguenti dimensioni minime:

- Rame: 16 mm²
- Alluminio: 35 mm²
- Acciaio: 50 mm²

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.22 di 33

Materiale e dimensioni minime dei dispersori per garantirne la resistenza meccanica e alla corrosione

Materiale	Tipo di dispersore	Dimensione minima					
		Corpo			Rivestimento/guaina		
		Diame- tro mm	Sezio- ne mm ²	Spes- sore mm	Valori singoli µm	Valori medi µm	
Acciaio	Zincato a caldo	Piattina ^(b)		90	3	63	70
		Profilati (incl. piatti)		90	3	63	70
		Tubo	25		2	47	55
		Barra tonda per picchetto	16			63	70
		Tondo per dispersore orizzontale	10				50
	Con guaina di piombo ^(a)	Tondo per dispersore orizzontale	8			1 000	
	Con guaina di rame estrusa	Barra tonda per picchetto	15			2 000	
	Con guaina di rame elettrolitico	Barra tonda per picchetto	14,2			90	100
Rame	Nudo	Piattina		50	2		
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ^(c)			
		Corda	1,8 ^(d)	25			
		Tubo	20		2		
	Stagnato	Corda	1,8 ^(d)	25		1	5
	Zincato	Piattina		50	2	20	40
	Con guaina di piombo ^(a)	Corda	1,8 ^(d)	25		1 000	
		Filo tondo		25		1 000	

(a) Non idoneo per posa diretta in calcestruzzo. Si raccomanda di non usare il piombo per ragioni di inquinamento.
(b) Piattina, arrotondata o tagliata con angoli arrotondati.
(c) In condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².
(d) Per fili singoli.

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.23 di 33

Dimensionamento rispetto alla tensione di contatto

La progettazione dell'impianto di terra deve essere realizzata al fine di contenere la tensione di contatto U_T in funzione dei valori della tensione di contatto ammissibile U_{TP} , indicati nella norma CEI 99-3 definiti dalla curva e dalla tabella che di seguito si riportano.

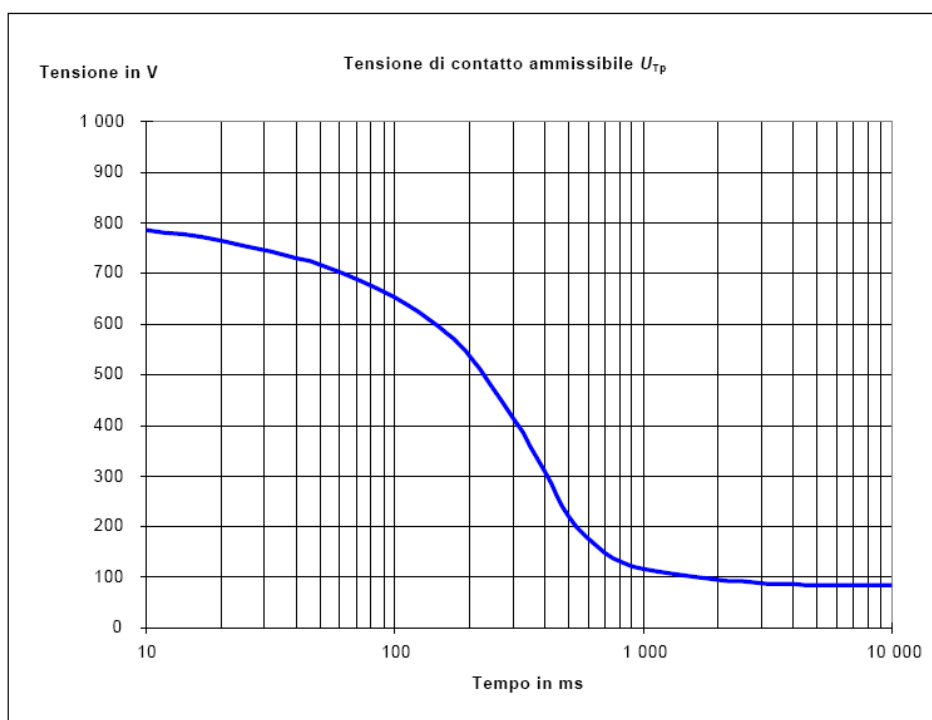


Figura 4 – Tensione di contatto ammissibile

NOTA Se la corrente fluisce per un tempo molto più lungo di 10 s, si può usare per U_{TP} un valore di 80 V.

Durata del guasto (s)	(U_{TP} - CEI 99-3) [V]
0,10	654
0,50	220
0,64	165
0,72	140
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85
>10	80

		Elab 10	
	Titolo:	REV. 00	Pag.24 di 33
	Relazione tecnica opere di connessione	12/2016	

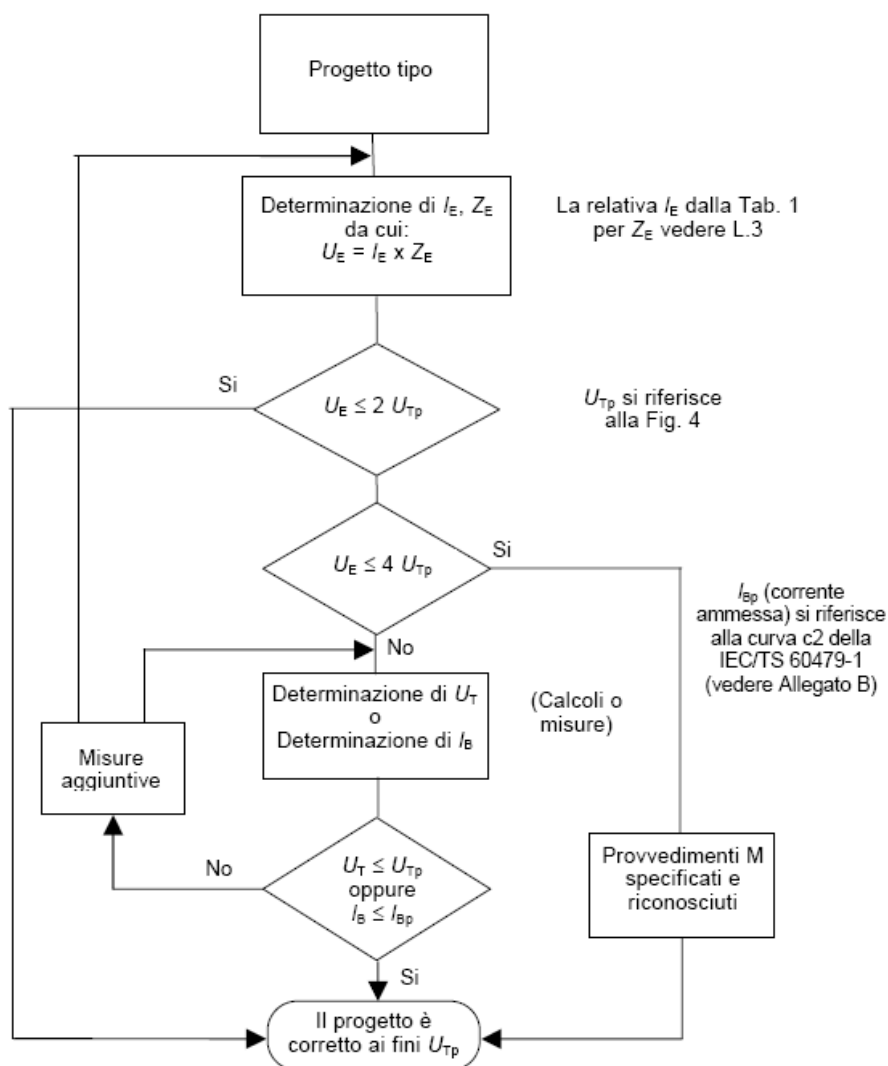


Figura 5 – Progetto di un impianto di terra, che non fa parte di un impianto di terra globale (C1 di 5.4.2), con riguardo alla tensione di contatto ammissibile U_{TP} in relazione alla tensione totale di terra U_E o alla tensione di contatto U_T

In riferimento al dimensionamento rispetto alla tensione di contatto, l'attività di progettazione di un impianto di terra deve essere eseguito in conformità al diagramma di flusso indicato nella norma CEI 99-3 qui riportato, valido per un impianto di terra che non fa parte di un impianto di terra globale:

- Calcolo o misura della U_E , attraverso la conoscenza della I_E e della Z_E ;
- Verifica della condizione analitica $U_E \leq 2 U_{TP}$ (condizione C della norma); in caso di verifica positiva, il progetto dell'impianto di terra si ritiene completato ai fini della tensione di contatto;
- Se tale condizione $U_E \leq 2 U_{TP}$ non è soddisfatta, verificare la condizione $U_E \leq 4 U_{TP}$; qualora tale condizione è verificata, applicare i provvedimenti M della norma per assicurare le tensioni di contatto ammissibili. In tali ipotesi il progetto dell'impianto di terra si ritiene completato ai fini della

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.25 di 33

tensione di contatto;

- Se la condizione $U_E \leq 4 U_{TP}$ non è soddisfatta, procedere alla misura di U_T e verificare che $U_T < U_{TP}$

I dati standard della rete elettrica MT a 20 kV di riferimento per il calcolo sono i seguenti:

- Guasto monofase a terra:

$$I_{FEnel} = 50 \text{ A}$$

$$t_F \gg 10\text{s}$$

- Doppio guasto monofase a terra:

$$I_{FEnel} = 10,8 \text{ kA}$$

$$t_F = 350 \text{ ms}$$

Il valore della corrente di terra I_E è solo una parte della corrente di guasto I_F ; infatti una parte della corrente di guasto I_F si richiude nelle funi di guardia/piedi dei sostegni delle linee elettriche aeree e nello schermo dei cavi.

Per eseguire un calcolo in sicurezza, in prima analisi si considera $I_E = I_F$, pertanto il dimensionamento dell'impianto di terra dipende dal valore della corrente I_F .

Evidentemente risulta complesso il calcolo rigoroso della verifica elettrica in oggetto, in quanto le variabili che intervengono (resistività del terreno, aliquota di corrente di guasto che non si richiude nell'impianto di terra, effetto del contenimento del potenziale provocato dalla posa dei dispersori aggiuntivi, etc) non possono essere conosciute in tale fase. Pertanto ad opera ultimata saranno condotte le misure seguendo il diagramma di flusso indicato nella CEI 99-3 e sintetizzato precedentemente.

In tale paragrafo si vuole fornire un calcolo semplificato al fine di validare globalmente la soluzione progettuale in oggetto. Nel seguito si fa riferimento alla cabina di consegna e cabina utente, le quali afferiscono al medesimo impianto di terra.

La corrente di guasto monofase totale dell'impianto I_F si calcola attraverso la determinazione di due contributi distinti: uno associato alla rete Enel e uno associato all'impianto di produzione dell'utente. Pertanto vale la seguente relazione:

$$I_F = I_{FEnel} + I_{Futente}$$

Il contributo della rete Enel si conosce in funzione delle proprietà della rete MT, i valori comunicati dall'ente distributore in riferimento al punto di connessione sono quelli precedentemente indicati.

Il contributo dell'impianto d'utente si calcola considerando il contributo capacitivo della corrente di corto circuito, attraverso la seguente espressione analitica:

$$I_{Futente} = V_n \cdot (0.003 L_1 + 0.2 L_2)$$

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.26 di 33

V_n = Tensione nominale del sistema in kV

L_1 = Lunghezza linea aerea in km

L_2 = Lunghezza linea in cavo in km

In riferimento all'impianto in oggetto risulta, sostituendo i valori numeri:

$$I_{Futente} = 20 \cdot (0,2 \cdot 5,11) = 20,44 \text{ A}$$

Essendo $L_1 = 0$ (assenza di tratti aerei della linea) ed $L_2 \cong 5,11 \text{ km}$

Pertanto sommando i due contributi della corrente di guasto monofase si ottiene:

$$I_E = I_F = I_{Fenel} + I_{Futente} = 50 + 20,44 = 70,44 \text{ A}$$

Rilevando dalla tabella riportata il valore di U_{TP} ammissibile in corrispondenza di $t_F \gg 10s$ si ottiene $U_{TP} = 80 \text{ V}$.

Si determina il valore della resistenza di terra della cabina di consegna ed utente.

Resistenza del dispersore verticale

La resistenza elettrica del singolo picchetto verticale costituente il dispersore si calcola con la seguente formula:

$$R_p = \frac{\rho_E}{2\pi L} \cdot \ln \frac{4L}{d}$$

in cui:

ρ_E : resistività del terreno = 100 Ωm

L : lunghezza del picchetto = 1,60 m

d : diametro equivalente del picchetto = 25 mm

Sostituendo i valori numerici:

$$R_p = \frac{100}{2\pi \cdot 1,60} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 1,60}{25 \cdot 10^{-3}} \right) = 55,2 \Omega$$

Il dispersore sarà caratterizzato da n picchetti infissi nel terreno che elettricamente risultano collegati in parallelo tra loro pertanto si ha:

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.27 di 33

$$R_p^{TOT} = \frac{R_p}{n} = \text{Resistenza totale del dispersore verticale}$$

Per n=4 risulta:

$$R_p^{TOT} = \frac{R_p}{4} = 13,8\Omega$$

Resistenza del dispersore orizzontale

La resistenza di un conduttore interrato orizzontale di lunghezza L è fornita dalla seguente relazione:

$$R_{Oriz} = \frac{\rho_E}{\pi L} \cdot \ln \frac{2L}{d}$$

in cui:

ρ_E : resistività del terreno = 100 Ωm

L : lunghezza del conduttore

d: diametro del conduttore = 7,56 mm (35 mm²)

Si determinano il contributo del dispersore orizzontale costituito dall'anello chiuso interrato intorno alle due cabine consegna ed utente R_{Oriz} .

$$R_{Oriz} = \frac{100}{\pi 40} \cdot \ln \frac{2 \cdot 40}{7,56 \cdot 10^{-3}} = 7,37\Omega$$

La resistenza dell'impianto di terra R_E sarà la resistenza equivalente del parallelo di R_{Oriz} e

R_p^{TOT} calcolata con la seguente formula:

$$R_E = \frac{R_{Oriz} \cdot R_p^{TOT}}{R_{Oriz} + R_p^{TOT}} = \frac{7,37 \cdot 13,8}{7,37 + 13,8} = 4,80\Omega$$

Si determina il valore di U_E :

$$U_E = I_E \cdot R_E = 70,44 \cdot 4,80 = 338,5V$$

Seguendo il diagramma di flusso della CEI 99.3 risulta evidente che il modesto sviluppo della lunghezza del dispersore orizzontale posato intorno alle due cabine non è sufficiente da solo a garantire la

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.28 di 33

condizione di verifica elettrica; infatti in tal caso non risulta verificata la condizione analitica $U_E \leq 2 U_{TP}$. Pertanto si dovrà passare a verificare la condizione $U_E \leq 4 U_{TP}$, la quale unitamente applicazione dei provvedimenti M descritti in allegato E della CEI 99-3, assicura il rispetto dei valori massimi di contatto ammissibili. Dall'analisi numerica condotta, sebbene valida attraverso ipotesi semplificative, emerge che la relazione $U_E \leq 4 U_{TP}$ non risulta verificata; pertanto, seguendo il diagramma di flusso della CEI 99.3, in tali ipotesi, si dovrà procedere alla misura della tensione U_T per le masse dell'impianto ed alla verifica della condizione $U_T \leq U_{TP}$. Attraverso la verifica della suddetta condizione l'impianto di terra sarà conforme alla norma.

Dimensionamento rispetto al criterio termico

Il dispersore ed il conduttore di terra devono essere dimensionati affinché resistano al valore della corrente di guasto che li attraversa, senza che raggiungano valori di temperatura alla fine del corto circuito incompatibili con la loro natura. In tale paragrafo si realizza la verifica termica sia per il guasto monofase che doppio monofase a terra, dimostrando che il doppio guasto monofase a terra è più vincolante per il dimensionamento termico.

Per correnti di guasto che siano interrotte in un tempo inferiore a 5s, la norma CEI 99-3 definisce la formula per il calcolo della sezione minima che soddisfa la verifica termica in oggetto:

$$S_{\min} = \frac{I_E}{K} \cdot \sqrt{\frac{t_F}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

Poiché il doppio guasto monofase a terra è estinto in un tempo inferiore a 5s, si applica tale formula.

In essa risulta:

$I_E = I_F$ corrente di doppio guasto monofase a terra = 10800 kA

t_F = tempo di eliminazione del doppio guasto monofase a terra = 0,350 s

$K=226 \text{ Amm}^{-2}\text{s}^{1/2}$ (rame)

β = reciproco del coefficiente di temperatura del conduttore = 234,5 °C per il rame

θ_f = Temperatura finale = 300 °C (Rame nudo)

θ_i = Temperatura iniziale = 20 °C

Infatti si è considerato che il conduttore di terra sia in aria ed il dispersore infisso nel terreno.

Si ottiene un valore $S_{\min} = 32,8 \text{ mm}^2$

Pertanto la sezione 35 mm² adottata per realizzare il conduttore di terra ed il dispersore di terra è

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.29 di 33

conforme al suddetto procedimento di calcolo.

La stessa norma CEI 99-3, per correnti di guasto che sono eliminate in tempi superiori a 5s, come il guasto a terra monofase della rete Enel, impone un'altra metodologia di verifica termica. In funzione del grafico riportato in Allegato D della suddetta norma, ricavo che il conduttore 35 mm² in rame, ad una temperatura finale di 300 °C (rame nudo) può condurre in maniera permanente circa 320A. Risulta evidente che tale valore è notevolmente superiore al valore di circa 50A, corrente di guasto monofase a terra che fluisce nel conduttore di terra e nel dispersore. Da tali calcoli si evince, appunto, che il doppio guasto monofase a terra è più sollecitante nel dimensionamento termico del conduttore.

I dettagli realizzativi dell'impianto di terra sono indicati nelle tavole grafiche allegate.

4.3.2 Collegamenti di messa a terra degli schermi dei cavi MT

Le condizioni descritte al paragrafo precedente assicurano le condizioni di sicurezza in caso di guasto favorendo l'intervento in un tempo adeguato dei sistemi di protezione dell'impianto.

A tale scopo, per favorire il drenaggio della corrente di guasto, gli schermi dei cavi MT devono essere messi a terra ad entrambe le estremità di ogni tratta, in corrispondenza delle terminazioni; a tale riguardo fare riferimento all'elaborato grafico relativo all'impianto di terra, in cui sono riportati i dettagli costruttivi di tale connessione in accordo al progetto di Enel Distribuzione.

In generale qualora risulti $U_E > U_{TP}$ per impedire il trasferimento di tale potenziale pericoloso all'esterno su punti accessibili, occorrerà prevedere l'interruzione della continuità metallica dello schermo dei cavi.

Ciò si realizza attraverso due possibili interventi:

- a) collegando un solo estremo del cavo all'impianto di terra locale in corrispondenza dei terminali, lasciando scollegato da terra l'altra estremità della tratta;
- b) Interponendo lungo la tratta appositi giunti di interruzione dello schermo del cavo.

Entrambi gli interventi sopra descritti finalizzati all'interruzione della continuità dello schermo dei cavi MT, dovranno essere segnalati su entrambe le estremità del tronco di cavo stesso, attraverso l'applicazione di appositi cartelli.

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.30 di 33

5. RIFERIMENTI NORMATIVI, LEGGI E PRESCRIZIONI

Tutte le opere, se non diversamente specificato nel presente documento, dovranno essere progettate, realizzate e collaudate in osservanza dei riferimenti normativi (CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI, etc.), leggi, decreti, regolamenti e prescrizioni citati nel testo e tutte le altre leggi e norme pertinenti attualmente in vigore con particolare riferimento a:

- Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79/99: “Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell’energia elettrica”;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n°387: “Attuazione delle direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”;
- Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 168 del 30 dicembre 2003: “Condizioni per l’erogazione del pubblico servizio di dispacciamento dell’energia elettrica sul territorio nazionale e per l’approvvigionamento delle relative risorse su base di merito economico, ai sensi degli articoli 3 e 5 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79” e relativo Allegato A modificato con ultima deliberazione n.20/06;
- Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 39 del 28 febbraio 2001: “Approvazione delle regole tecniche adottate dal Gestore della rete di trasmissione nazionale ai sensi dell’articolo 3, comma 6, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”;
- Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 333 del 21 dicembre 2007: “Testo integrato della regolazione della qualità dei servizi di distribuzione, misura e vendita dell’energia elettrica” – TIQE;
- Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas n. 348 del 29 dicembre 2007: “Testo integrato delle disposizioni dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas per l’erogazione dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell’energia elettrica per il periodo di regolazione 2008-2011 e disposizioni in materia di condizioni economiche per l’erogazione del servizio di connessione” e relativi allegati: Allegato A e Allegato B;
- Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas ARG/elt 99/08 del 23 luglio 2008: “Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA)”.
- Delibera Autorità per l’energia elettrica ed il gas ARG/elt 179/08 del 11 dicembre 2008: “Modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica”;
- Norma CEI 0-16 “Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica” III Ed.;
- Norma CEI 99-2 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in c.a. - Parte 1: prescrizioni comuni”

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.31 di 33

- Norma CEI 99-3 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a."
- Norma CEI 99-4 "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del Cliente/Utente finale";
- Norma CEI 11-4 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne";
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo";
- Norma CEI EN 35027 "Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV – Portate di corrente in regime permanente – Posa in aria ed interrata
- Norma CEI 11-20 "Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria";
- Norma CEI EN 60529 "Gradi di protezione degli involucri (codice IP)"
- Norma CEI UNI 70029 (CEI 11-46) "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo – Criteri generali di posa";
- Norma CEI UNI 70030 (CEI 11-47) "Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa";
- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- Norma CEI EN 61386-24 (CEI 23-116): "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 24: Prescrizioni particolari - sistemi di tubi interrati";
- Norma CEI EN 50272-1 (CEI 21-58): "Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni – Parte 1: Informazioni generali di sicurezza"
- Norma CEI EN 50272-2 (CEI 21-39): "Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazioni – Parte 2: Batterie stazionarie"
- Norma CEI EN 62040-1/A1(CEI 22-32-V1): "Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 1: Prescrizioni generali e di sicurezza";
- Norma CEI EN 62040-2 (CEI 22-29): "Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 2: Requisiti di compatibilità elettromagnetica";
- Norma CEI EN 62040-3 (CEI 22-24): "Sistemi statici di continuità (UPS) Parte 3: Metodi di specifica delle prestazioni e prescrizioni di prova";
- Norma CEI 103-6: "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto";
- Norma CEI EN 62305 – Parte 1-2-3-4 (CEI 81-10): "Protezioni contro i fulmini";
- Norma CEI 64-12: "Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario"
- Norma CEI 11-27 "Lavori su impianti elettrici"
- Norma CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1 : regole generali"
- Norma CEI EN 61439-2 (CEI 17-114): "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 2 : quadri di potenza"

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.32 di 33

- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- CEI 106-11 " Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 Luglio 2003 (Art.6) – Parte I"
- CEI 211-4 " Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche;
- DK 4452: "Criteri di taratura degli impianti di distribuzione MT ed esempi tipici di coordinamento delle protezioni di rete e di utenza";
- DK 4460: "Corrente di guasto a terra nelle reti MT";
- DK 4461: "Impianti di terra delle cabine secondarie";
- D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi"
- Decreto Legislativo 1 agosto 2003 n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche"
- D.M. 25 settembre 1992 "Approvazione della convenzione-tipo prevista dall'art. 22 della legge 9 gennaio 1991, n. 9, recante norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali".
- D.L. n. 186 del 1/3/1968 Costruzione di impianti a regola d'arte;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge in merito alle acque ed agli impianti elettrici;
- Legge sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro: Dlgs. 81/08 ed integrazioni, aggiornamenti e circolari successive;
- DM 22/1/2008 n. 37 Norme per la sicurezza degli impianti;
- D.P.R. n. 447 del 6/12/1991;
- DM 21/03/1988;
- DM 05/08/1998;
- Legge del 22/02/01 n° 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 08/07/2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", in attuazione dell'art. 4 comma 2 lettera a) della Legge 36/2001;
- DM 29/05/2008:
 - a) approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (GU n. 156 del 5/7/2008 – Suppl. Ordinario n. 160);
 - b) approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica (GU n. 153 del 2/7/2008);

		Elab 10	
	Titolo: Relazione tecnica opere di connessione	REV. 00 12/2016	Pag.33 di 33

- D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi"
- DPR 1 Agosto 2011 n° 151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 49 comma 4-quarter, decreto legge 31 Maggio 2010 n° 78, convertito con modificazioni dalla legge 30 Luglio 2010 n° 122"
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio",
- Decreto Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri 12 dicembre 2005 "Verifica Compatibilità Paesaggistica ai sensi dell' art 146 del Codice dei Beni Ambientali e Culturali",
- Prescrizioni e raccomandazioni della Struttura Pubblica di Controllo Competente (ASL/USSL/ISPELS).


Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analoga rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati.

Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è ammesso.

Saranno comunque pure rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Capacità di ampliamento;
- Accessibilità;
- Facilità di gestione.

 <p>Enel L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA. <i>Enel Distribuzione</i></p>	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 1 di 10
	<p>Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE</p> <p>Sigla designazione cavi:</p> <p>ARE4H5EX ARP1H5EX</p>	<p>DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008</p>

Il presente documento è di proprietà intellettuale della società ENEL DISTRIBUZIONE S.p.A. ; ogni riproduzione o divulgazione dello stesso dovrà avvenire con la preventiva autorizzazione della suddetta società la quale tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

This document is intellectual property of ENEL DISTRIBUZIONE S.p.A. ; reproduction or distribution of its contents in any way or by any means whatsoever is subject to the prior approval of the above mentioned company which will safeguard its rights under the civil and penal codes.

INDICE

1. Scopo	pag	2
2. Campo di applicazione	“ ”	2
3. Componenti	“ ”	2
4. Prescrizioni di riferimento	“ ”	3
5. Unità di misura	“ ”	4
6. Caratteristiche tecniche	“ ”	4
7. Caratteristiche costruttive	“ ”	4-5
8. Pezzature e imballi di fornitura	“ ”	6-10

Revisione	Natura della modifica
1	Prima emissione
2	Introduzione cavo isolato con materiale elastomerico termoplastico Introduzione § “Pezzature ed Imballi di fornitura”

	Emissione	Collaborazioni e verifiche			Approvazione
Ente	DIS-IUN-UML	DIS-IUN-UML	DIS-QSA		DIS-IUN
Firmato	E.Cesari V.Spinelli	R.Grimaldi			E. Di Marino

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 2 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

1. Scopo

Le presenti prescrizioni hanno lo scopo di indicare le caratteristiche dei cavi MT ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al, isolamento estruso a spessore ridotto in XLPE o in materiale elastomerico termoplastico, schermo in tubo di Al e guaina in PE. Tali cavi avranno la sigla di designazione ARE4H5EX in caso di isolamento estruso in XLPE e ARP1H5EX in caso di isolamento estruso in materiale elastomerico termoplastico.

2. Campo di applicazione

I cavi previsti in specifica sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=12/20$ kV e tensione massima $U_m=24$ kV.

3. Componenti

I cavi previsti in specifica sono di seguito illustrati:

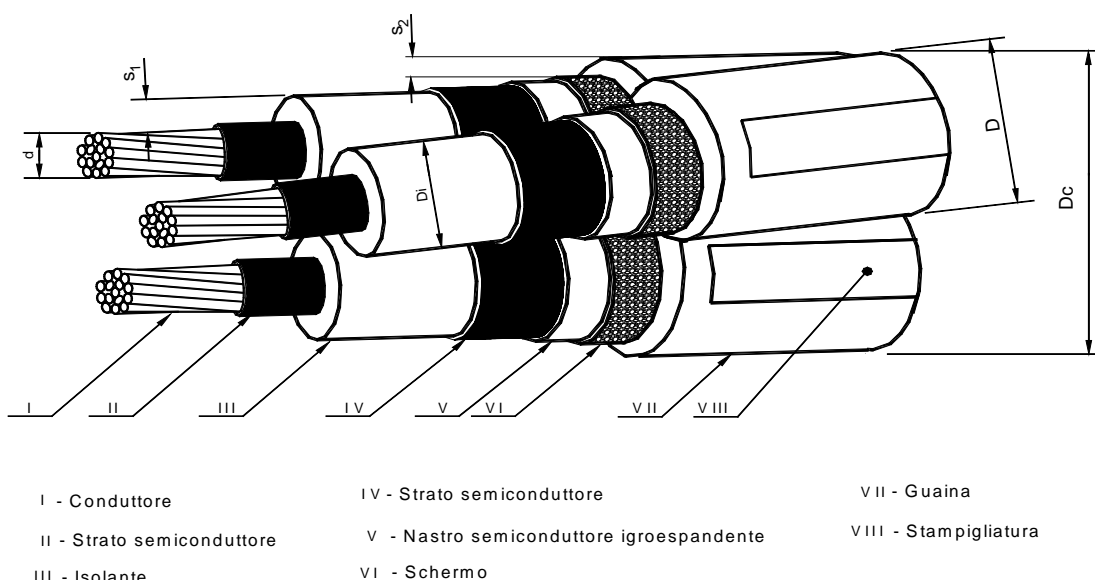


Fig. 1

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 3 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

PROSPETTO 1 - Caratteristiche dei cavi

1	2	3	4	5	6	7	8
Matricola	Tipo	Isolante	Numero di conduttori per sezione nominale (n° x mm ²)	Diametro circoscritto Dc max. (mm)	Massa circa (kg/km)	Portata (1) (A)	Corrente termica di corto circuito (2) (kA)
33 22 82	DC 4385/1	XLPE	3 x (1x70)	65	2150	200	9
	DC 4385/3	HPTE					
33 22 84	DC 4385/2	XLPE	3 x (1x185)	78	3550	360	24
	DC 4385/4	HPTE					

1. I valori di portata valgono in regime permanente per il cavo posato singolarmente e direttamente interrato alla profondità di 1,2 m, temperatura dei conduttori non superiore a 90 °C; temperatura del terreno 20 °C e resistività termica del terreno 1 °C m/W
(Poiché allo stato attuale non esiste una normativa che recepisce pienamente il cavo in tabella, si consiglia di preferire la posa in tubo, in questo caso i limiti di portata sono circa : 160 A e 288 A).

2. I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni: durata del corto circuito 0,5 s, temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90 °C), temperatura finale dei conduttori 250 °C.

ESEMPIO DI DESCRIZIONE RIDOTTA

C A V O X X X X X X X 1 2 / 2 0 k V 3 x (1 x X X X)

4. Prescrizioni di riferimento

- cavo del tipo ARE4H5EX (isolamento in XLPE)
 - costruzione: CEI 20-68 (esclusa guaina e per quanto applicabile)
HD 620 S1 o IEC 60502-2 (guaina)
 - collaudo: Specifica Enel DC 4587 (esclusa guaina)
Specifiche Enel DC 4585, DC4585a (guaina)

- cavo del tipo ARP1H5EX (isolamento in materiale elastomerico termoplastico)
 - costruzione : Norma CEI 20-86
 - collaudo : Specifica Enel DC 4582 Ed. II giugno 2008

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 4 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

5. Unità di misura

L'unità di misura con la quale deve essere espressa la quantità di cavo è il metro.

6. Caratteristiche tecniche

Le principali caratteristiche tecniche dei cavi sono riportate nel prospetto seguente :

PROSPETTO II- Caratteristiche del cavo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sezione nomin. delle anime (mm ²)	Numero dei fili del conduttore min. (n°)	Diametro del conduttore d (mm)	Spessore dell'isolante min. S1 (mm)	Diametro sull'isolante Di		Sezione nominale dello schermo min. (mm ²)	Spessore del nastro dello schermo min. (mm)	Spessore medio della guaina S2 min. (mm)	Diametro esterno D		Resistenza Elettrica a 20 ° C (1)	
				min. (mm)	max. (mm)				min. (mm)	max. (mm)	del conduttore max (Ω/km)	dello schermo max (Ω/km)
70	12	9,5 ^{-0,1} _{+0,4}	4,3	19,0	20,9	24	0,3	2,0	24,0	30,0	0,443	1,438
185	30	15,8 ^{-0,2} _{+0,4}	4,3	25,0	27,2	30	0,3	2,0	30,0	35,0	0,164	1,045

Nota (1) - Il valore della resistenza elettrica è riferito all'unità di lunghezza del cavo tripolare e non della singola anima

7. Caratteristiche costruttive

7.1 Anime

- Conduttori di alluminio a corda rigida rotonda compatta; (HD 383)
- Strato semiconduttore estruso sul conduttore, di spessore minimo 0.3 mm;
- Isolante: polietilene reticolato XLPE (HD 620 Part 1, table 2A, tipo DIX 8) o materiale elastomerico termoplastico (CEI 20-86, Tabella1)
- Strato semiconduttore estruso sopra l'isolante, di spessore compreso fra 0.3 e 0.6 mm,
- Strato semiconduttore (eventuale) realizzato con nastri avvolti con sormonto minimo 25 %.

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 5 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

7.2 Schermi e rivestimenti protettivi

- Strato realizzato con nastro semiconduttore igroespandente con sormonto minimo 10%. In alternativa tale strato può essere realizzato con mezzi ed accorgimenti diversi purchè equivalenti;
- Schermo : nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale, con bordi sovrapposti di almeno 5 mm ed incollato allo strato protettivo;
- Rivestimento protettivo : guaina PE (HD 620 Type DMP 2) di colore rosso RAL 3000.
- Anime riunite ad elica visibile con senso di cordatura sinistro e passo di riunione non superiore a 39 Dmax.

7.3 Stampigliatura

Sulla guaina esterna deve essere riportata per impressione in rilievo una stampigliatura, con **CARATTERI INCOLONNATI O AFFIANCATI** secondo quanto riportato in figura 1:

h: 4,0 ±1,0 mm

L: 2,0 ± 0,5 mm

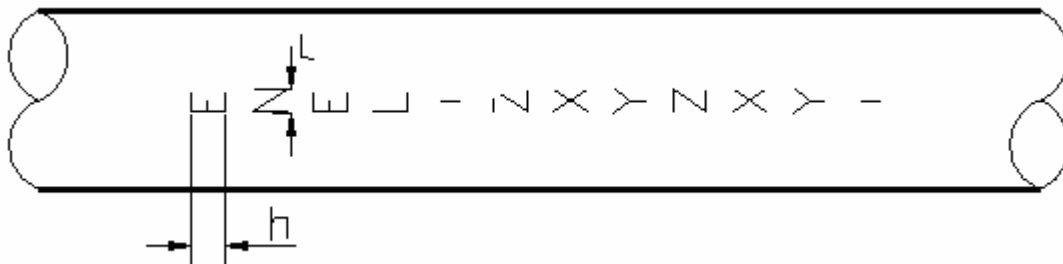


figura 1

La distanza tra la fine della marcatura e l'inizio della marcatura identica successiva deve essere conforme al documento HD 620 Part.1.3 contenente le seguenti iscrizioni nell'ordine indicato :

- a) la sigla di proprietà seguita da :
 - la sigla UNEL (completa di tensione)
 - la sezione
 - il nome o il marchio del Costruttore
 - la lettera identificante lo stabilimento di costruzione
 - l' indice di progetto
 - l' anno e mese di fabbricazione
 - l'identificazione della fase, ripetuta almeno ogni 100 mm, negli intervalli tra due successive serie di iscrizioni;
- b) la metricatura, solo sulla fase 1; è ammessa anche la stampigliatura ad inchiostro

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 6 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

In alternativa alla suddetta modalità è ammesso riportare la stampigliatura di cui sopra con passo di 1 m.

Esempio di stampigliatura sull'anima di fase 1 :

ENEL ARE4H5EX 12/20kV 185 XXXXXX B 01 2007 12 0000 FASE 1 ... FASE 1 ...)

ENEL ARP1H5EX 12/20kV 185 XXXXXX B 01 2007 12 0000 FASE 1 ... FASE 1 ...)

8. Pezzature e imballi di fornitura

8.1 Lunghezze delle pezzature

Pezzatura :

- cavo 3x(1 x 70) - 400 m
- cavo 3x(1 x 185) - 300 m

La tolleranza ammessa per una pezzatura è pari a $\pm 3\%$ della lunghezza indicata in ordine; lunghezze inferiori sono ammesse al massimo per il 10% delle pezzature costituenti il lotto di consegna (stesso documento di trasporto), purché ciascuna sia di almeno 100 m; nel conteggio del suddetto 10% sono escluse le pezzature campione la cui lunghezza si è ridotta a causa delle prove di accettazione.

8.2 Imballi

Le bobine da utilizzare per la consegna dei cavi MT possono essere:

- a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "A" - RIUTILIZZABILI)
- non a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "B" - NON RIUTILIZZABILI)

Sulla parete esterna della flangia deve essere riportata, in aggiunta a quanto prescritto dal § 8.4 "Targature" della presente specifica, la dicitura "**TIPO A**" o "**TIPO B**".

Per entrambe le tipologie, nel caso di bobine in legno prodotti al di fuori della Comunità Europea, è necessario che tali imballi siano realizzati nel rispetto di quanto stabilito nella direttiva 2000/29/CE e successive modifiche "Misure di protezione contro l'introduzione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali e contro la loro diffusione nella comunità" e risultino conformi alla nota ISPM 15 del 18/03/2002.

8.2.1 Bobine a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "A" - RIUTILIZZABILI)

Bobine conformi alle prescrizioni della norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 e rispondenti ai requisiti riportati nel PROSPETTO seguente:

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 7 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

BOBINE UNI-CEI 2-1				PEZZATURE	CAVI
Tipo	Diametro minimo della flangia	Diametro minimo del tamburo	Larghezza max della bobina	Lunghezza pezzature max	
(#)	(mm)	(mm)	(mm) (4)	(m)	
22 (2)	2240	1400	1400	400 300	3x (1 x 70) 3x (1 x 185)

(#) La consegna delle pezzature "corte" definite al § 8.1 è possibile anche su bobine (dimensione) inferiore a quello prescritto, purchè sia rispettata ogni altra prescrizione.
(2) Bobina provvista di chiocciola su una faccia interna della flangia atta a portare la testa interna del cavo all'esterno.

8.2.2 Bobine non a norma UNI-CEI 2-1 e 2-2 (Tipo "B" – NON RIUTILIZZABILI)

In alternativa al tipo "A" si possono utilizzare bobine non riconducibili alla norma di cui sopra purché venga presentata ad ENEL in fase di certificazione o nel corso dell'iter di gara, una relazione tecnica (di seguito "RT") strutturata secondo le linee guida descritte nel seguito.

Le bobine si intenderanno accettate in prova per un periodo di sei mesi a partire dalla data di prima consegna. Qualora ENEL non richieda di apportare modifiche, le bobine costruite in conformità alla RT si intenderanno Approvate.

In caso contrario, ed in ogni caso di aggiornamento della RT, il periodo di prova decorrerà nuovamente dalla data di prima consegna delle bobine oggetto di modifiche.

Relazione tecnica (RT)

La relazione tecnica (RT) deve essere composta dai documenti di seguito descritti.

Si precisa che nei seguenti paragrafi alcuni requisiti sono preceduti dalla dicitura "Prescrizione", ed altri dalla dicitura "Indicazione". Nel primo caso i requisiti sono prescrittivi e pertanto la rispondenza agli stessi si intende condizione necessaria (non sufficiente) per l'accettazione in prova. Nel secondo caso, invece, il contenuto delle informazioni richieste non risulta vincolante per l'accettazione in prova.

- Documento tecnico: disegno tecnico costruttivo della bobina, comprendente la rappresentazione delle due sezioni (longitudinale e trasversale) completo di tutte le misure dimensionali e dell'evidenza (schema ingrandito del particolare) dei punti di ancoraggio del tamburo alle flange.

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 8 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

Devono essere riportate le seguenti caratteristiche dimensionali:

- parti in legno

<ul style="list-style-type: none"> - per la flangia <ul style="list-style-type: none"> o larghezza tavole o diametro o spessore o diametro del foro assiale o spessore contro-flange - larghezza della bobina 	<ul style="list-style-type: none"> - per il tamburo <ul style="list-style-type: none"> o larghezza tavole o diametro o larghezza o spessore doghe - per i tiranti <ul style="list-style-type: none"> o numero o diametro o lunghezza
---	---

- parti metalliche

dimensioni e numero dei componenti metallici (tiranti, piastre di supporto e di fissaggio)

- Documentazione fotografica:

una foto vista laterale ed una vista frontale raffigurante la bobina vuota, la bobina con cavo avvolto priva di copertura esterna, la bobina completa di copertura esterna (per un totale di almeno 6 foto) ed il particolare relativo alla targa identificativa dove sono riportati i dati della bobina e della fornitura (ad un livello di ingrandimento tale da consentire la lettura delle informazioni ritratte).

- Scheda tecnica del legname:

Prescrizioni:

devono essere impiegate specie legnose provenienti dalle conifere o altro legname di documentate caratteristiche prestazionali equivalenti.

Il legname utilizzato deve essere esente da attacchi di funghi e di insetti; le tavole devono essere prive di smussi e nodi non aderenti (morti)

Indicazioni:

riportare la percentuale di umidità massima del legname al termine del processo di fabbricazione della bobina.

Riportare la descrizione degli eventuali trattamenti cui è stato sottoposto il legname

- Scheda tecnica dei metalli:

Indicazioni:

indicare il tipo di materiale utilizzato

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 9 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

- Modalità costruttive

Prescrizioni:

le bobine non devono in nessun caso presentare sporgenze metalliche di alcun genere (queste potrebbero infatti procurare tagli o lesioni in fase di movimentazione).

Le eventuali parti in legno non devono essere verniciate.

La superficie esterna del tamburo e quella interna delle flange devono essere piallate e le tavole costituenti le flange devono essere accostate; la chiodatura delle tavole per le flange deve essere ribadita all'esterno e la testa del chiodo deve penetrare, con apposita ribaditura, all'interno delle tavole.

Le tavole del tamburo devono avere i bordi smussati ed essere accostate; non sono ammesse tavole sconnesse o gradini tra tavola e tavola o tra tavole e tiranti metallici.

Indicazioni:

riportare la tipologia/tecnica di saldatura (ove presente) e i trattamenti anti-ossidazione.

- Dichiarazione sintetica

Deve essere riportato il testo che segue: "Si dichiara che le bobine descritte nel presente documento sono equivalenti, dal punto di vista funzionale, a quelle descritte dalla norma **UNI-CEI 2-1 e 2-2** e rispondono ai medesimi requisiti in termini di sicurezza nella movimentazione e nella posa/svolgimento del cavo. Inoltre, si dichiara che le bobine hanno una solidità strutturale tale da garantire la tenuta di almeno 24 mesi, anche se esposte agli agenti atmosferici"

8.3 Protezioni

I cavi devono essere protetti in modo da evitare danneggiamenti o manomissioni durante i trasporti e le movimentazioni, ivi compresi quelli in ambito ENEL.

Nel caso si intenda utilizzare un tipo di protezione in alternativa alle doghe, questo non dovrà essere realizzato con materiali che, in fase di smaltimento, risultino classificabili come rifiuti pericolosi ; in ogni caso tutte le protezioni alternative alle doghe dovranno essere esplicitamente approvate da ENEL in fase di certificazione o nel corso dell'iter di gara.

Le estremità libere del cavo devono essere opportunamente protette contro la penetrazione di acqua e di umidità durante il trasporto, l'immagazzinamento, che può essere anche all'aperto, e la posa.

Presso il Costruttore le bobine di cavo finito e collaudato non possono essere parcheggiate senza doghe o protezioni equivalenti in zone esposte alle intemperie (sole, pioggia, etc.) e ad urti accidentali se non per il tempo necessario alla loro dogatura o protezione similare.

Salvo diversamente previsto nella lettera d'ordine, la protezione (dogatura o altro) delle bobine deve essere effettuata al 100%.

Il distanziamento tra lo strato esterno del cavo e la dogatura deve essere sufficiente ad evitare danneggiamenti al cavo stesso e, comunque, mai inferiore a **50 mm**; per ottemperare a detta prescrizione si possono privilegiare, se necessario, pezzature di lunghezza ridotta fino alla minima ammessa.

	SPECIFICA DI COSTRUZIONE	Pagina 10 di 10
	Cavi MT tripolari ad elica visibile per posa interrata con conduttori in Al , isolamento a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE	DC 4385 Rev. 2 del Giugno 2008
	Sigla designazione cavi: ARE4H5EX ARP1H5EX	

8.4 Targature

Sulla superficie esterna di almeno una delle **flange della bobina** di trasporto, , devono essere riportati, con caratteri chiaramente leggibili ed indelebili, oltre a quant'altro previsto nell'ordine, almeno i seguenti dati, ove applicabile:

- la matricola ENEL del cavo;
- il nome o il marchio della ditta proprietaria della bobina;
- il nome del Costruttore del cavo;
- la sigla e la formazione del cavo;
- il tipo e la matricola della bobina;
- il peso complessivo lordo (soltanto per le pezzature su bobina)
- il peso netto;
- il peso di un metro di cavo;
- la lunghezza effettiva della pezzatura;
- gli estremi dell'ordinazione ENEL;
- il numero e la data dell'avviso di spedizione

N.B. Sulle due facce esterne delle flange per bobine realizzate in legno, deve essere riportato il marchio che dimostri come il legno utilizzato per la loro costruzione sia stato sottoposto a trattamento come stabilito nella direttiva 2000/29/CE richiamata nel § 8.2.

8.5 Trasporto

Al fine di agevolare le operazioni di scarico, le bobine devono essere disposte sugli automezzi mantenendo tra le flange la distanza necessaria per inserire i mezzi di sollevamento, ovvero in modo tale da consentire lo scarico con idonei mezzi di movimentazione a forche.