

Progettazione:

**SC Studio di Ingegneria**  
**Michele R.G. Curtotti**  
STUDIO DI INGEGNERIA ING. MICHELE R.G. CURTOTTI  
Viale II Giugno, 385 - 71016 San Severo (FG)  
ing.curtotti@pec.it - studiocurtotti@gmail.it

Proponente:

**INNOGY ITALIA S.p.A.**  
Via Francesco Restelli 31/1 - 20124 Milano  
c.f e P.Iva 02590640211 - PEC innogy\_italia@legalmail.it



# PARCO EOLICO VOLTURINO COMUNE DI VOLTURINO

Autorizzazione Unica ai sensi della legge 387/03  
del parco eolico nel comune di Volturino (FG)

COMMITTENTE: INNOGY ITALIA S.p.A.  
Comune di Volturino (FG)

DATA : Luglio 2019

AGGIORN. : Febbraio 2020

TAVOLA

**R06**

CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

SCALA :

DIMENS. : A4

N° FOGLI :

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:  
INNOGY ITALIA S.p.A.



PROGETTAZIONE:  
ing. Michele R.G. Curtotti



Questo elaborato è di proprietà dei progettisti ed è protetto a termini di legge

---

## Relazione preliminare calcolo impianti elettrici

### "PARCO EOLICO VOLTURINO"

#### PREMESSA

La presente relazione tecnica descrive l'impianto di connessione e distribuzione della energia elettrica prodotta dal PARCO EOLICO "VOLTURINO" proposto nel Comune di Volturino(FG), alla località "Parco Gioenco", costituito da 10 aerogeneratori di potenza nominale di 4.8 MW, per una potenza complessiva installata di 48,00 MW.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto sarà convogliata alla RTN e, più precisamente, alla futura Stazione Elettrica 150 kV da inserire, in "entra-esce", sulla linea RTN, a 150 kV, "Casalvecchio-Pietramontecorvino" previa realizzazione di una nuova Stazione RTN, a 150 kV da inserire, in entra-esce, alla linea 380 kV "Foggia-Larino" e un nuovo elettrodotto RTN, a 150 kV, tra le future SE suddette.

Nei pressi della nuova stazione della RTN verrà realizzata una Sottostazione Elettrica di Utente, destinata alla Trasformazione (150/30 kV) e alla successiva consegna dell'energia elettrica prodotta da parco eolico, tramite collegamento in antenna a 150 kV.

Nel documento viene descritta la topologia, le scelte impiantistiche, valutate le correnti nel funzionamento ordinario e in emergenza, vengono definite le caratteristiche fondamentali di tutti i componenti dell'impianto al fine di garantire il corretto esercizio e la sicurezza dell'impianto.

A tal fine si è provveduto anche al dimensionamento degli impianti di terra e alla verifica delle condizioni di sicurezza connesse alle sue caratteristiche.

#### *Descrizione del sistema di distribuzione elettrica*

La rete Mt interna, in uscita dall'impianto di generazione da fonte eolica, denominato "Parco Eolico Volturino" avrà una tensione di esercizio di 30 kV.

Per la consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto verrà realizzata una stazione elettrica di consegna (stazione di trasformazione 150/30 kV di Utenza - SE) da ubicarsi nei pressi della nuova stazione elettrica della RTN a 150 kV, in agro di Castelnuovo della Daunia (FG).

In particolare, l'energia prodotta dal parco eolico sarà raccolta in una cabina di sezionamento (CS) posta in area interna al parco e, poi, trasportata, tramite cavidotti interrati in media tensione, alla sottostazione elettrica di utenza; quest'ultima è preposta alla trasformazione (elevazione di tensione da 30 kV a 150 kV) e alla successiva consegna dell'energia elettrica, per mezzo di un collegamento in antenna tra SE e SSE.

La SE sarà collegata alle sbarre di parallelo della SSE tramite un unico stallo (condiviso con altri produttori) esercito alla stessa tensione di rete: 150 kV; ad ogni modo, ciascun impianto di

produzione (afferente al medesimo stallo) risulterà totalmente indipendente dagli altri dato che, per ognuno di essi, è previsto uno stallo di elevazione tensione, un sistema di misura, protezione e controllo indipendenti. Solo dopo l'effettuazione delle misure dell'energia prodotta, sarà effettuato il parallelo tra gli impianti tramite un sistema di sbarre interne alla stazione di consegna.

Nella SE saranno presenti, inoltre, tutte le apparecchiature AT per la protezione e la misura dell'energia prodotta dall'impianto, nonché tutte le apparecchiature elettriche di protezione e misura dell'impianto in MT, comprese le apparecchiature BT per i servizi ausiliari e i relativi edifici per il loro alloggiamento.

La distribuzione interna al parco eolico avverrà alla tensione nominale di 30 kV, in cavo direttamente interrato, con schema di distribuzione radiale.

La SE sarà direttamente collegata alla CS, posta in posizione favorevole rispetto alle torri, mediante cavidotto MT a 30 kV; gli aerogeneratori saranno collegati direttamente alla CS attraverso connessioni, in entra-esce, realizzate a piè di aerogeneratori, con aggregazioni fino ad un massimo di quattro turbine.

La topologia di interconnessione è descritta negli allegati grafici (schema unifilare), a cui si rimanda.

All'interno di ogni torre sono presenti le apparecchiature di media e bassa tensione, nonché l'interruttore di manovra e sezionatore con fusibili per la protezione e messa in sicurezza del Trasformatore 30/0,600 kV (MT/BT).

L'impianto sarà inoltre dotato di impianto di supervisione e telecontrollo dei dispositivi di protezione e sezionamento.

Saranno, inoltre, realizzati adeguati impianti di illuminazione ordinaria e di sicurezza, sia nella sottostazione che negli edifici di comando e controllo in essa presenti, così come in tutti gli altri locali in cui saranno alloggiati i componenti dell'impianto e sistemi di riscaldamento atti a prevenire la formazione di condense.

Nello studio verrà trascurato il dimensionamento degli impianti elettrici BT degli aerogeneratori in quanto saranno forniti e progettati direttamente dal costruttore delle turbine, in accordo alle specifiche del presente documento.

Non verranno definite le caratteristiche delle apparecchiature di alta tensione perché già individuate e prescritte dal distributore.

## **IMPIANTO DI TERRA**

La rete di trasmissione nazionale (RTN) è esercita con neutro connesso in maniera franca a terra, quindi sceglieremo di esercire la rete interna al parco a 30 kV con neutro isolato da terra; in queste condizioni la corrente di corto circuito monofase a terra è dovuta agli accoppiamenti capacitivi:

considerata la lunghezza dei cavi e le loro caratteristiche si è stimata una corrente di 100 A.

I valori ammissibili della tensione di contatto  $U_{TP}$ , dovuti a guasti a terra, sono tratti dalla Fig. 4 " tensioni di contatto ammissibili  $U_{TP}$ , per correnti di durata limitata", della norma CEI EN 50522; tali valori sono stati determinati considerando quattro diversi fattori di percorso (mano sn – piedi, mano dx – piedi, mano – mano, mani – piedi) e quindi i relativi diversi valori della resistenza del corpo umano risultante.

Il valore risultante per la tensione di contatto ammissibile è la media pesata dei quattro casi.

## NORME DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche di riferimento utilizzate per la presente relazione di calcolo preliminare sono:

- IEC 60502-2: *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 2: Cables for rated voltages from 6 kV ( $U_m=7.2$  kV) up to 30 kV ( $U_m=36$  kV) (03/2005);*
- CEI EN 60909 (11-25) – *Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata (12/2001);*
- IEC 60287: *Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006);*
- CEI 11-17: *Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo (07/2006).*

## DATI DI IMPIANTO

Di seguito si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto eolico di Volturino:

### RETE MT - AT

• Sistema	trifase
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale (lato MT)	30 kV
• Tensione nominale (lato AT)	150 kV
• Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN) <sup>1</sup>	31.5 kA
• Corrente massima di corto circuito mo	40 kA

### GENERATORI ASINCRONI

•	Potenza nominale	4800 kW
	Tensione nominale	600 V
•	Frequenza nominale	50 Hz

### TRASFORMATORI MT/BT

•	Potenza nominale	5100 kVA
•	Rapporto trasformazione	30/0.60 kV
•	Tensione di corto circuito	9 %
•	Perdite nel ferro	4 kW
•	Collegamento	Dyn 5
•	Regolazione	±2x2.5 %

Valore definito dall'Allegato A.8 al Codice di Rete per stazioni vicine a punti di interconnessione 150/380 kV.

### TRASFORMATORE MT/AT

•	Potenza nominale	50/60 MVA
•	Rapporto nominale	150 ± 10x1.25% / 31 kV
•	Tensione di corto circuito	15 %
•	Perdite nel ferro	31.0 kW
•	Collegamento	YNd11
•	Isolamento	olio minerale
•	Raffreddamento	ONAN-ONAF

### TRASFORMATORE SA

•	Potenza nominale	100 kVA
•	Rapporto nominale	30 ± 2x2.5% / 0.4
•	Tensione di corto circuito	4 %
•	Collegamento	Dyn11
•	Isolamento	olio minerale
•	Raffreddamento	ONAN

## CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Di seguito sono riepilogate le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento in media tensione:

### Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

• Sistema elettrico	3 fasi – c.a.
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale	30 kV
• Tensione massima	36 kV
• Categoria sistema	B

### Tensione di isolamento del cavo

Dalla Tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento  $U_0$  corrispondente è 18 kV.

### Temperature massime di esercizio e di cortocircuito

Dalla Tab. 4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

### Caratteristiche funzionali e costruttive

#### Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate, per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di sezionamento e tra questa e la stazione elettrica, saranno del tipo "pre-cordato" ad elica visibile o "trifoglio", idonei alla posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con  $U_0/U=18/30$  kV e tensione massima  $U_m=36$  kV, sigla di designazione **ARE 4H1RX**.

La stessa tipologia di cavi è utilizzata sia per i collegamenti, MT, tra quadri e trasformatore SA che tra quadri e trasformatore AT/MT all'interno della stazione elettrica di trasformazione.

### Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno)

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo **M**, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali, corsi d'acqua e impianti a rete interrati come da prescrizioni dagli enti concessionari; in questi ultimi casi la tipologia di posa prevederà cavi unipolari in tubo interrato, modalità di posa **N**, mediante l'uso della tecnica di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

La posa verrà eseguita ad una profondità, dal piano di campagna, di ca. 1.20 m e larghezza variabile in base al numero di conduttori che dovranno esservi alloggiati.

La posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà eseguita secondo i seguenti passaggi successivi:

- Posa strato di sabbia di 10 cm;
- Posa di cavi a trifoglio (sezione 95, 185, 630 mmq) direttamente sullo strato di sabbia;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Posa strato di sabbia di 30 cm;
- Posa del tubo in PEHD (diametro esterno di 63 mm) per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale proveniente dagli scavi (per 60÷90 cm);
- Posa del nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm<sup>2</sup> per la messa a terra dell'impianto.

### Collegamenti MT interni alla stazione elettrica

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da 3 terne di cavi unipolari (ad elica visibile) posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità, inglobati in calcestruzzo (modalità di posa tipo **O.1** \_ manufatti gettati in opera).

La posa verrà eseguita ad una profondità di ca. 0.50 m, in scavo di profondità 0.60 m e larghezza alla base variabile in base al numero di tubi da alloggiarvi.

La linea in media tensione di collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17; sarà costituita da una terna di cavi unipolari (ad elica visibile) posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso (modalità di posa tipo **F oppure P.1/P.2**) all'interno dell'apposito locale utente sito nella stazione elettrica di trasformazione.

### **Accessori**

Le terminazioni e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie ed anomale (sovracorrenti e sovratensioni).

La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati, cioè 30 kV.

I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le possibili sollecitazioni determinate da eventuali carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo (secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17: 2006-07).

I percorsi interrati dei cavi devono essere appositamente segnalati mediante l'utilizzo di nastri monitori posati, nello scavo, a non meno di 20 cm al di sopra dei cavi (secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17: 2006-07) e dovranno riportare la dicitura "*Attenzione Cavi Energia in Media Tensione*".



## PROGETTO PRELIMINARE DELL'IMPIANTO MT/AT DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA

### *La portata dei cavi*

Il trasporto dell'energia avviene mediante l'utilizzo di cavi interrati posati in trincea a sezione trapezoidale sul letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17.

I cavi utilizzati sono con conduttore in alluminio a corda rigida rotonda, isolati con una miscela isolante a base di polietilene reticolato, schermati per mezzo di piattine o fili di rame, la guaina protettiva è a base di polivinilcloruro; la sezione dei cavi di ciascuna linea è stata calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione di tutti gli aerogeneratori, facenti parte della linea MT, e minimizzare le perdite.

Tutti i cavi MT 30 kV sono stati dimensionati in modo da risultare verificate le seguenti relazioni:

$$1) \quad I_c \leq I_n$$

$$2) \quad \Delta V\% \leq 5\%$$

Dove:

- $I_c$  è la corrente di impiego del cavo;
- $I_n$  è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$  è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina d'impianto fino all'aerogeneratore più lontano.

La portata dei cavi, interrati ad una profondità non inferiore ad 1,2 m, con temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno stesso pari a 1,0° Cm/W, è desumibile dalla tabella 1, seguente:

**Cavo Tipo ARE 4H1RX 18/30 kV**

Posa interrata		T. funzionamento		T. 90°	
Sez. (mmq)	1°Cm/W	R	X	R	X
	In (A)	ohm/Km	ohm/Km	ohm/Km	ohm/Km
70	210	0,442	0,133	0,576	0,15
95	251	0,316	0,125	0,415	0,14
120	286	0,25	0,119	0,329	0,14
150	319	0,207	0,115	0,269	0,13
185	361	0,162	0,11	0,217	0,12
240	419	0,11	0,107	0,168	0,12
300	472	0,1	0,103	0,134	0,12
400	540	0,083	0,101	0,109	0,11
500	615	0,06	0,097	0,1	0,11
630	699	0,048	0,095	0,1	0,1

Il progetto delle linee elettriche si fonda sul criterio della perdita della potenza e della caduta di tensione ammissibile.

Pertanto:

In base al numero di turbine che, secondo lo schema unifilare adottato (vedi tavola IE 09), risultano collegate a monte di ciascuna linea, viene definita una corrente massima di impianto denominata "Ic" che viene determinata utilizzando la seguente espressione:

$$I_c = \frac{P}{V \times \sqrt{3}}$$

Successivamente, si sceglie una sezione per ciascun cavo di linea e, ipotizzando un coefficiente del terreno pari a 1,0° Cm/W, viene individuata la corrispondente corrente nominale In.

Il coefficiente Kt è ricavato dai data sheet dei costruttori.

Il valore di corrente nominale così ottenuta viene corretta per mezzo dell'applicazione di un coefficiente (K) che tiene conto dell'influenza reciproca di più cavi posati nella stessa trincea; si ottiene, quindi, il valore finale di corrente nominale (In) di cavo da paragonare al valore di corrente Ic di impianto.

Per le linee posate nella medesima trincea, la distanza tra le terne assunta è 7 cm, le tabelle del costruttore prevedono i seguenti coefficienti di abbattimento della portata:

**CALCOLO PRELIMINARE  
DEGLI IMPIANTI ELETTRICI**

Distanza tra i cavi o terne	Numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0.84	0.74	0.67	0.60

Coefficienti di derating della portata per più circuiti affiancati

Nel caso in esame, la maggior parte dello sviluppo delle linee prevede l'alloggiamento di un'unica terna di cavi MT posati in trincea (K=1); per i tratti di collegamento ove si avrà la compresenza di n. 2 terne di cavi, posati a trifoglio posti nella medesima trincea, il coefficiente K è pari a 0.84.

Se il valore di corrente (In) è maggiore del valore effettivo di portata (Ic) la scelta della sezione del cavidotto risulta adeguata.

**I risultati delle elaborazioni, condotte secondo la metodologia su esposta, sono riepilogati in tabella 2 seguente:**

Id. WTG	n° turbine collegate	lunghezza linea MT (ml)	Ic (A)	Sez. cavo (mmq)	n° cavi in trincea	In (A)	Delta P (kW)
da Id. T1 a T2	1	886	92,49	95	1	251	6,87
da Id. T2 a T3	2	1080	184,97	95	1	251	33,49
da Id. T3 a T4	3	1783	277,46	185	1	361	63,88
da Id. T4 a T5	4	1737	369,94	400	2	453,6	51,17
da Id. T5 a CS	5	813	462,43	500	2	516,6	29,94
da Id. T10 a T9	1	3172	92,49	95	1	251	24,59
da Id. T9 a T8	2	595	184,97	95	2	210,84	18,45
da Id. T8 a T7	3	4962	277,46	185	2	303,24	177,78
da Id. T7 a T6	4	2918	369,94	400	2	453,6	85,96
da Id. T6 a CS	5	1739	462,43	400	1	540	80,04
da CS a SE	5	12911	462,43	500	2	516,6	475,42
da CS a SE	5	12911	462,43	500	2	516,6	475,42

Individuata quindi la sezione del cavidotto idonea per ciascuna linea di cui si compone l'impianto, si procede alla verifica della perdita di potenza per mezzo della seguente formula:

$$\Delta P = 3\rho \frac{LI^2}{S}$$

- $\rho$ : la resistività elettrica del conduttore (alluminio) espressa in  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;
- L: la lunghezza della linea in metri;
- I: la corrente nominale trasportata;
- S: la sezione del cavo in  $\text{mm}^2$ ;

### *Cavi MT*

Si riterrà che un guasto a terra verrà risolto in un tempo inferiore ad una ora e pertanto, considerato che la tensione nominale del sistema è di 30 kV si sceglieranno cavi con  $U/U_0$  pari a 18/30 kV.

Per i cavidotti di interconnessione tra le WTG, saranno utilizzati cavi idonei per posa interrata in alluminio con schermo metallico del tipo **ARE 4H1RX 18/30 kV**.

### *Cavo AT*

Il collegamento in cavo AT, a 150 kV, tra la futura stazione RTN, a 150 kV, denominata "Castelnuovo" e la stazione di utenza, a 150 kV, dovrà sostenere il trasporto 48 MW (meno le perdite di carico) e quindi è interessato da una corrente nominale di 184,97 A:

Cavo AT	n° turbine collegate	lunghezza linea AT (ml)	Ic (A)	Sez. cavo (mmq)	n° cavi in trincea	In (A)	Delta P (kW)
150 kV	10	217	184,97	400	1	485	1,60

Per tale valore di corrente, si prevede l'utilizzo di un cavo in alluminio avente sezione 400 mmq, con isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, guaina in alluminio termo saldata e rivestimento in polietilene.

### *Trasformatori TR*

Le perdite a VUOTO (nel ferro) e a CARICO (nel rame), per il trafo di SE e il trafo di ciascuna WTG, sono stimabili (da data sheet dei costruttori) in 450,6 kW:

		n.	Pn	Pf	Perdite
Trafo AT in SE	P rame TR 50/60 MVA	1	180	114,6	114,6
Trafo AT in SE	P ferro TR 50/60 MVA	1	31	31	31
Trafo MT in torre	P rame TR 3,6 MVA	10	25,2	25,2	252
Trafo MT in torre	P ferro TR 3,6 MVA	10	5,3	5,3	53
Perdite totali Trafo (KW)					450,6

**Le perdite totali ammontano a 1975.22 KW, pari a 4,1 % ca.**

### ***Quadri elettrici***

Dalla scelta iniziale sulla tensione nominale del sistema, dall'analisi delle tabelle del load flow e del corto circuito, in sede di progettazione esecutiva si dovranno scegliere quadri con le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale: 30 kV;
- tensione massima: 36 kV;
- tensione di tenuta a frequenza industriale: 50 kV;
- tensione di tenuta ad impulso: 125 kV;
- categoria della disponibilità di esercizio: LSC2.

quadri MT in stazione:

- corrente nominale di breve durata NMT: 20 kA;
- corrente nominale delle sbarre principali NMT: > 2000 A;
- corrente nominale delle sbarre secondarie: 1250
- cabina di raccolta
- corrente nominale di breve durata CAB: superiore 20 kA;
- corrente nominale delle sbarre principali: 1250 A;
- corrente nominale delle sbarre secondarie: 630 A.

### ***Interruttori***

Specifiche funzionali degli interruttori:

- tensione nominale ( $U_r$ ) almeno uguale alla tensione massima del sistema elettrico ( $U_m$ );
- corrente nominale ( $I_r$ ) almeno uguale alla corrente di intervento del relè;
- potere di interruzione ( $I_{sc}$ ) almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione.

### ***Sezionatori***

Specifiche funzionali dei sezionatori:

- tensione nominale ( $U_r$ ) almeno uguale alla tensione massima del sistema;
- corrente nominale di breve durata ( $I_k$ ) almeno uguale alla corrente presunta di cortocircuito (trifase simmetrica) nel punto di installazione, e durata nominale di cortocircuito ( $t_k$ ) almeno uguale al tempo di interruzione della corrente di

cortocircuito dei dispositivi di protezione;

- corrente nominale ( $I_r$ ) almeno uguale alla corrente di intervento del relè di massima corrente ritardato.

#### *Trasformatori di corrente (TA) per misure e protezioni*

Specifiche funzionali dei TA:

- Corrente nominale primaria ( $I_{pn}$ ) deve essere uguale o superiore alla corrente di sovraccarico prevedibile nell'impianto per i trasformatori di protezione, mentre deve essere uguale o superiore all'83% della corrente massima nel punto di inserzione per i trasformatori di misura;
- Corrente nominale secondaria ( $I_{sn}$ ) scelta tra (1 A, 2 A e 5 A) in funzione di ( $I_n$ ).

Specifiche tecniche dei TA scelti:

$U_r$  [kV]: 24

$I_{Pn}$ [A] > 83%  $I_b$

$I_{sn}$  [A]: 5

Precisione TA di protezione: 5P20

Tutti i trasformatori di corrente ad uso fiscale dovranno avere le seguenti classi di precisione:

- alta tensione 0,2;
- media tensione 0,5;
- bassa tensione 1.

#### *Trasformatori di tensione (TV) per misure e protezioni*

Specifiche funzionali dei TV:

- Tensione nominale prescritta per l'avvolgimento primario pari a  $U_n/\sqrt{3}$  (inserzione fase/terra) oppure pari a  $U_n$  (inserzione fase-fase);
- Tensione nominale prescritta per l'avvolgimento secondario pari a  $100/\sqrt{3}$  V (inserzione fase-terra) o 100 V (inserzione fase-fase).

Specifiche tecniche dei TV scelti:

<b>elemento</b>	<b><math>U_{pn}</math> [kV]</b>	<b><math>U_{sn}</math> [kV]</b>	<b>Classe di precisione</b>
TV misura	24	0,058	0,5
TV protezione	24	0,058	3P

### *Contatori*

Specifiche funzionali dei contatori:

- contatore statico di tipo numerico e non ad impulsi;
- corrente nominale pari a 1 A o 5 A, scelta coerentemente con la corrente nominale
- secondaria dei TA;
- tensione nominale pari a  $100/\sqrt{3}$  V nel caso di inserzione dei TV tra fase e terra, o pari a 100 V, nel caso di inserzione dei TV tra fase e fase.

Specifiche tecniche dei contatori scelti:

$$I_n [A] = 5$$

$$U_n [kV] = 0,058$$

Classe di precisione 0,5  $P_{att}$  / 0,2  $P_{reatt}$