



COMMITTENTE:

ASELLUS S.R.L.  
via Mercato, 3, 20121 - Milano (MI)

NOME COMMESSA:

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO  
AGROVOLTAICO AVENTE POTENZA IN  
IMMISSIONE PARI A 15.3 MW E POTENZA  
MODULI PARI A 19.97 MW<sub>p</sub> CON RELATIVO  
COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA  
IMPIANTO 03

STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA

CODICE COMMESSA:

HE.18.0019

PROGETTISTA:

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

dott. ing. ALBERTO ALBUZZI  
ISCRIZIONE ALBO N. 2435

COLLABORATORE: Girardi per. ind. Mirko

CONSULENTI:

**Ambiente:**

Ing. Angelo Volpe  
vico de Dominicis, 9  
72100 - Brindisi (BR)

**Geologia e geotecnica:**

Dott. Geol. Dario Fischetto  
corso G. Garibaldi, 27  
72100 - Brindisi (BR)

**Impatto acustico:**

Dott. Geol. Martino Scarafile  
C.da Restano n° 45  
72014 Cisternino (Br)

**Studi pedo-agronomici e faunistici:**

Dr. Antonio Frioli  
via Mesagne, 7  
72028 - Torre Santa Susanna (BR)

**Idraulica:**

Dott.ssa Geol. Angela Inverì  
via L. Ariosto I str. prv., 7  
70043 Monopoli (BA)

OGGETTO:

08B - OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA  
Relazione tecnica stazione utente 30/150 kV

SCALA:

-

NOME FILE:

6UJG3T7\_Elaborato\_08B\_01.pdf

DATA:

APRILE 2021

TAVOLA:

DIE.RE15

N. REV.	DATA	REVISIONE
0	04.2021	Emissione

ELABORATO

M.Girardi

VERIFICATO

responsabile commessa  
A.Albuzzi

VALIDATO

direttore tecnico  
N.Zuech

Costruzione ed esercizio  
impianto di produzione  
dell'energia elettrica da  
fonte fotovoltaica avente  
potenza in immissione pari  
a 15,3MW e potenza moduli  
pari a 19,97MWp con  
relativo collegamento alla  
rete elettrica

## Impianto 03

RELAZIONE TECNICA STAZIONE UTENTE 30/150kV

febbraio '20

1	PREMESSE .....	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	5
2.1	GENERALITA' .....	5
2.2	CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO .....	5
2.3	SEZIONE AT A 150kV .....	5
2.4	SEZIONE MT A 30kV .....	5
2.5	SISTEMA DI PROTEZIONE, MONITORAGGIO, COMANDO E CONTROLLO .....	6
2.6	SERVIZI AUSILIARI IN C.A. E C.C. ....	6
2.7	TRASFORMATORE DI POTENZA .....	6
2.8	COLLEGAMENTO ALLA STAZIONE TERNA 380/150kV .....	7
2.9	IMPIANTO DI TERRA .....	7
2.9.1	CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE .....	8
2.9.2	VALUTAZIONE DELLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO .....	12
2.9.3	DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE .....	14
2.9.4	CONCLUSIONI .....	15
2.10	RUMORE .....	16
2.11	OPERE CIVILI .....	16
2.11.1	FABBRICATI .....	16
2.11.2	STRADE E PIAZZOLE .....	16
2.11.3	FONDAZIONI E CUNICOLI CAVI .....	16
2.11.4	INGRESSI E RECINZIONI .....	16
2.11.5	SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE E FOGNARIE .....	17
2.11.6	ILLUMINAZIONE .....	17
2.11.7	MOVIMENTI DI TERRA .....	17
2.12	CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE DI IMPIANTO .....	17
2.12.1	INTERRUTTORI A TENSIONE NOMINALE 150kV .....	20
2.12.2	SEZIONATORI ORIZZONTALI A TENSIONE NOMINALE 150kV .....	21
2.12.3	SEZIONATORI DI TERRA A TENSIONE NOMINALE 150kV .....	22
2.12.4	TRASFORMATORI DI CORRENTE A TENSIONE DI ESERCIZIO 150kV .....	23
2.12.5	TRASFORMATORI DI TENSIONE CAPACITIVI .....	24
2.12.6	TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI .....	24

2.12.7	TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI CON DUE AVVOLGIMENTI SECONDARI.....	25
2.12.8	SCARICATORI.....	26
2.12.9	SBARRE.....	27

## 1 PREMESSE

Il presente elaborato riguarda la realizzazione di un parco fotovoltaico per la produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del sole da realizzarsi nel Comune di Avetrana (TA) a cura della società Alfa Libra S.r.l.

L'impianto fotovoltaico individuato con il codice di rintracciabilità dell'ente distributore 201900352 con potenza massima in immissione pari a 15.300 kW ed installata di 19.968 kWp (**in seguito denominato impianto O3**) sorgerà nel Comune di Avetrana (TA) e verrà allacciato alla Rete di Distribuzione in antenna a 150 kV con il nuovo ampliamento della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Erchie.

L'allacciamento del nuovo impianto di produzione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) è subordinato alla richiesta di connessione alla rete, da presentare al Gestore o in alternativa all'ente distributore qualora la rete non faccia parte della rete di trasmissione nazionale.

Sostanzialmente possono presentarsi due casi:

- La connessione alla RTN o alla rete di distribuzione avviene attraverso una stazione esistente
- La connessione avviene attraverso la realizzazione di una nuova stazione elettrica

Gli Enti suddetti definiscono i requisiti e le caratteristiche di riferimento delle nuove stazioni elettriche, poiché esse devono essere compatibili con la rete esistente, oltre alle dimensioni delle stesse nel caso in cui debbano avere future espansioni.

Per l'impianto fotovoltaico in oggetto, il Gestore, Terna S.p.A., prescrive che esso debba essere collegato in antenna con la sezione a 150 kV della stazione esistente a 380/150 kV "Erchie".

Il Gestore ha inoltre prescritto che lo stallo che sarà occupato dall'impianto dovrà essere condiviso con altri produttori.

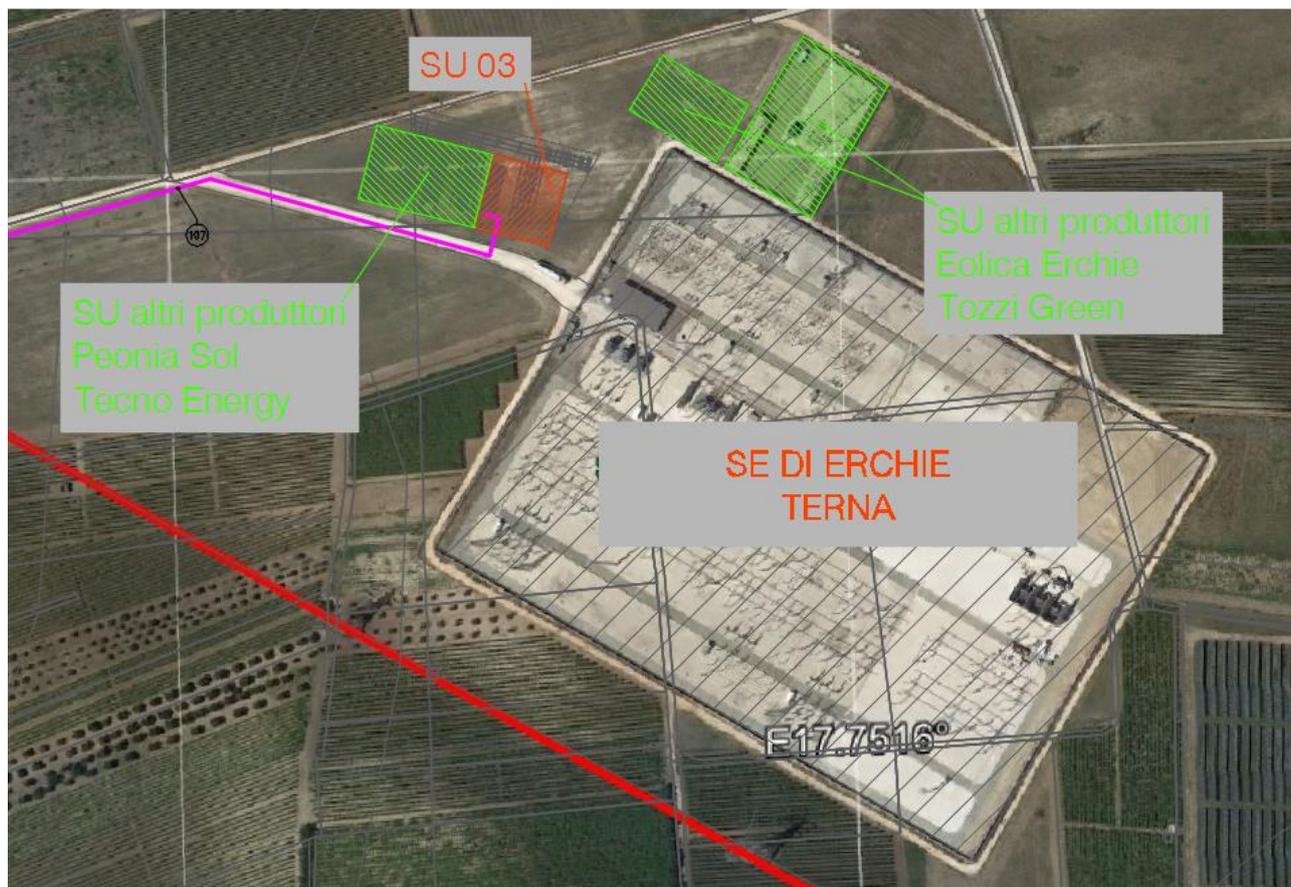
La società proponente ha accettato la soluzione di connessione alla RTN proposta da Terna e nell'ambito della procedura prevista dal Regolamento del Gestore per la connessione degli impianti alla RTN ha predisposto oltre che il progetto dell'impianto fotovoltaico anche il progetto di tutte le opere da realizzare per il collegamento alla RTN, tra cui la stazione d'utenza, al fine di ottenere il previsto benessere dal Gestore.

Il presente documento fornisce la descrizione generale del progetto definitivo della stazione d'utenza dell'impianto fotovoltaico "O3 AVETRANA".

Il collegamento alla RTN necessita infatti della realizzazione di una stazione MT/AT di utenza avente lo scopo di elevare la tensione di impianto al livello di 150 kV, per il successivo collegamento alla stazione di rete 380/150 kV di Erchie (BR). La stazione di utenza sarà ubicata nel Comune di Erchie (BR), immediatamente a OVEST dell'area occupata dalla stazione di rete esistente ed occupa un'area di circa 1.240 m<sup>2</sup>.

L'accesso alla stazione d'utenza è previsto per mezzo di un ingresso situato sul lato SUD della stazione stessa, in modo da garantire accessi separati tra l'area comune e l'area produttore, collegato mediante un breve tratto di nuova viabilità, alla viabilità esistente.

La stazione sarà costituita da una sezione in MT a 30 kV e da una sezione a 150 kV con isolamento in aria. Schema unifilare, planimetria e sezioni dell'impianto sono riportati negli elaborati progettuali allegati.



## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

### 2.1 GENERALITA'

La stazione elettrica di utenza sarà realizzata allo scopo di collegare l'Impianto alla stazione di rete di Erchie (BR). L'area individuata per la realizzazione dell'opera è situata ridosso della stazione di rete esistente, in un'area attualmente destinata a seminativo, prossima alla viabilità locale.

L'accesso alla stazione avverrà tramite una breve strada di accesso che si staccherà direttamente dalla viabilità locale che costeggia il sito a ovest.

### 2.2 CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO

Valore minimo temperatura ambiente all'interno: -5°C

Valore minimo temperatura ambiente all'esterno: -25°C

Temperatura ambiente di riferimento per la portata delle condutture: 30°C

Grado di inquinamento: III

Irraggiamento: 1000 W/m<sup>2</sup>

Altitudine e pressione dell'aria: poiché l'altitudine è inferiore ai 1000 m s.l.m. non si considerano variazioni della pressione dell'aria

Umidità all'interno: 95%

Umidità all'esterno: fino al 100% per periodi limitati

### 2.3 SEZIONE AT A 150kV

La sezione in alta tensione a 150 kV è composta da uno stallo di trasformazione direttamente collegato con il sistema di sbarre comuni per la condivisione dello stallo. Lo stallo trasformatore è comprensivo di interruttore, scaricatore di sovratensione, sezionatori e trasformatori di misura (TA e TV) per le protezioni, secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni Terna.

### 2.4 SEZIONE MT A 30kV

La sezione in media tensione è composta dal quadro MT a 30 kV, che prevede:

- un sistema di sbarre
- n. 1 montante arrivo linea da impianto fotovoltaico
- n. 1 Montante partenza trasformatore

- montante alimentazione trasformatore ausiliari
- montante banco rifasamento (eventuali)

## 2.5 SISTEMA DI PROTEZIONE, MONITORAGGIO, COMANDO E CONTROLLO

La stazione può essere controllata da un sistema centralizzato di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote. I sistemi di controllo, di protezione e di misura centralizzati sono installati nell'edificio di stazione ed interconnessi tra loro e con le apparecchiature installate tramite cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello di impianto di tutta la stazione, alla restituzione dell'oscillografia e alla registrazione cronologica degli eventi.

Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della stazione qualora venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione. In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra), le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale è possibile effettuare le manovre di esercizio.

## 2.6 SERVIZI AUSILIARI IN C.A. E C.C.

Il sistema dei servizi ausiliari in c.a. è costituito da:

- quadro MT
- trasformatore MT/BT
- quadro BT centralizzato di distribuzione (costituito da due semiquadri)

I servizi ausiliari in c.c. a 110 V sono alimentati da due raddrizzatori carica-batteria in tampone con una batteria prevista per un'autonomia di 4 ore. Ciascuno dei due raddrizzatori è in grado di alimentare i carichi di tutto l'impianto e contemporaneamente di fornire la corrente di carica della batteria; in caso di anomalia su un raddrizzatore i carichi vengono commutati automaticamente sull'altro. Il sistema dei servizi ausiliari in c.c. è costituito da: batteria, raddrizzatori, quadro di distribuzione centralizzato e quadri di distribuzione nei chioschi (comuni per c.a. e c.c.).

## 2.7 TRASFORMATORE DI POTENZA

Il trasformatore trifase in olio per trasmissione in alta tensione, di potenza nominale 16/20 MVA (ONAN/ONAF), con tensione primaria 150 KV e secondaria 30 kV, è costruito secondo le norme CEI 14-4, con nuclei magnetici a lamierini al Fe e Si a cristalli orientati a bassa cifra di perdita ed elevata permeabilità. I nuclei sono realizzati a sezione gradinata con giunti a 45° e montati a strati sfalsati (esecuzione step lap) per assicurare una riduzione delle perdite a vuoto ed un migliore controllo del livello di rumore.

Gli avvolgimenti vengono tutti realizzati con conduttori in rame elettrolitico E Cu 99.9%, ricotto o ad incrudimento controllato, con isolamento in carta di pura cellulosa. Allo scopo di mantenere costante la tensione dell'avvolgimento secondario al variare della tensione primaria il trasformatore è corredato di un commutatore di prese sull'avvolgimento collegato alla rete elettrica soggetto a variazioni di tensione.

Lo smaltimento dell'energia termica prodotta nel trasformatore per effetto delle perdite nel circuito magnetico e negli avvolgimenti elettrici sarà del tipo ONAN/ONAF (circolazione naturale dell'olio e dell'aria/circolazione naturale dell'olio e forzata dell'aria).

Le casse d'olio sono in acciaio elettrosaldato con conservatore e radiatori. Isolatori passanti in porcellana. Riempimento con olio minerale esente da PCB o, a richiesta, con fluido isolante siliconico ininfiammabile. Il trasformatore è dotato di valvola di svuotamento dell'olio a fondo cassa, valvola di scarico delle sovrapressioni sul conservatore d'olio, livello olio, pozzetto termometrico, morsetti per la messa a terra della cassa, golfari di sollevamento, rulli di scorrimento orientabili.

Il peso complessivo del trasformatore è stimabile attorno alle 40 t.

## **2.8 COLLEGAMENTO ALLA STAZIONE TERNA 380/150kV**

Il collegamento alla stazione RTN di Erchie permetterà di convogliare l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico alla rete ad alta tensione.

A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto fotovoltaico sarà inviata allo stallo di trasformazione della costruenda stazione di Utenza. Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre comuni di condivisione dello stallo a 150kV. La sbarra comune sarà collegata alla stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in cavo AT tra i terminali cavo della sbarra comune e i terminali cavo del relativo stallo in stazione di rete.

## **2.9 IMPIANTO DI TERRA**

Il dispersore dovrà essere dimensionato in accordo con la norma Norma CEI 99-3.

In particolare si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato C della Norma CEI 99-3;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui all'allegato B della Norma CEI 99-3.

Per poter dimensionare l'impianto di terra della stazione di utente vengono ipotizzati i seguenti valori delle correnti di guasto:

Vn: Tensione nominale

150 kV/380kV (SE TERNA)

If: corrente di guasto omopolare a terra

9,8kA (\*)

Tf: tempo massimo di intervento delle protezioni contro i guasti a terra dell'Ente gestore dell'elettrodotto

0,50 s (\*\*)

(\*) Massima corrente di guasto di una fase a terra AT Stazione Utente e Stazione Terna (DATO DESUNTO DAL DOCUMENTO DI TERNA VALORI MINIMI E MASSIMI CONVENZIONALI DELLA CORRENTE DI CORTO CIRCUITO E DELLA POTENZA DI CORTO CIRCUITO DELLA RETE RILEVANTE CON TENSIONE 380-220-150-132 Kv).

(\*\*) Tempo massimo di eliminazione del guasto standard per sistemi AT.

L'impianto di messa a terra in oggetto è destinato a realizzare il sistema di protezione dai contatti indiretti denominato "Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione", che è il solo metodo ammesso per la protezione con presenza di sistemi AT. Poiché l'alimentazione in AT è di tipo trifase con neutro a terra, nel caso di guasto a massa sugli impianti ed apparecchiature AT il circuito di guasto si chiude attraverso il terreno. Pertanto, per favorire l'intervento delle protezioni ed attuare l'interruzione automatica dell'alimentazione, è necessario che l'impedenza di tale circuito sia la più bassa possibile, in modo che i valori delle correnti di guasto si mantengano al di sopra di quelli di taratura delle protezioni medesime.

Le tensioni pericolose che si stabiliscono sulle masse in caso di guasto dipendono, oltre che dal valore teorico della corrente di guasto e dal tempo di permanenza del guasto stesso, anche dalla resistenza di terra del dispersore attraverso il quale fluisce la corrente che attraversa il terreno.

## 2.9.1 CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DISPERDENTE

Occorre stabilire in relazione alle caratteristiche del terreno, e alla pianta della stazione, quali siano i dispersori ed i tipi di posa che permettano di ottenere la limitazione delle tensioni di passo e contatto e dei potenziali trasferiti. La resistività del terreno rappresenta il parametro di maggior aleatorietà nella trattazione esposta. Essa infatti oltre a dipendere dalla natura del terreno come riportato nella seguente tabella, è anche fortemente legata alle fluttuazioni dei parametri ambientali, soprattutto umidità:

Tipo di terreno	Resistività del terreno $\rho_E$ $\Omega m$	
Terreno paludoso	da 5	a 40
Terriccio, argilla, humus	da 20	a 200
Sabbia	da 200	a 2 500
Ghiaietto	da 2 000	a 3 000
Pietrisco	Per lo più sotto 1 000	
Arenaria	da 2 000	a 3 000
Granito	fino a 50 000	
Morena	fino a 30 000	

Tabella J1 allegato J norma CEI 99-3

In relazione alla tipologia del sito, si ritiene di poter assumere per la resistività del terreno il seguente valore

$$\rho_e = 50 \Omega \text{ m}$$

Qualora le condizioni del terreno risultassero più critiche dal lato della resistività, questo valore può essere facilmente ottenuto asportando il terreno intorno al dispersore e sostituendolo con terreno vegetale ad elevata conducibilità.

Dal momento che "la maggior parte" della resistenza di terra è concentrata nei pressi del dispersore la quantità di terreno da sostituire non è eccessiva.

Il sistema disperdente sarà composto dai seguenti elementi:

Corda in rame nuda nudo avente sezione  $150 \text{ mm}^2$  interrata alla profondità di 0.6m, posata lungo il perimetro della recinzione della stazione:

Lunghezza totale dispersore:  $L_c = 300 \text{ m}$

Diametro del conduttore:  $d_c = 15.6 \text{ mm}$  (37 fili x 2.22)

Sistema di 30 picchetti di profondità costituiti da elementi componibili di acciaio del diametro di 25 mm, per una lunghezza complessiva di 3 m.

Lunghezza picchetto:  $L_p = 3 \text{ m}$

Diametro picchetto:  $d_p = 25 \text{ mm}$  (Raggio = 12,5 mm)

Maglia di terra 1mx1m realizzata su tutta la superficie della stazione con corda in rame nudo avente sezione  $150 \text{ mm}^2$ .

Il calcolo rigoroso della resistenza di terra per un impianto così configurato richiede un approccio analitico molto complesso, in quanto i dispersori non si possono considerare indipendenti tra loro ma si influenzano reciprocamente.

Tuttavia si può pensare di valutare, in prima approssimazione, la resistenza totale come parallelo tra le resistenze di ciascun dispersore.

Calcolo della resistenza dell'anello

$$R_{E\text{-tondino}} = \frac{\rho_E}{4 \cdot \pi \cdot L_c} \times \left\{ 2 \cdot \ln \frac{L_c}{r_c} + \ln \left[ \frac{\frac{L_c}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_c}{2}\right)^2 + (2h + r_c)^2}}{-\frac{L_c}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_c}{2}\right)^2 + (2h + r_c)^2}} \right] \right\}$$

dove:

$L_c$  è la lunghezza dello sviluppo lineare della corda [m];

$r_c$  è il raggio del conduttore [m]

$h$  è la profondità di interrimento del conduttore [m]

In tali condizioni il valore del contributo alla resistenza di terra complessiva è pari al seguente valore

$$R_{\text{tondino}} = 0.42 \, \Omega$$

Calcolo della resistenza di terra di un singolo picchetto:

Lunghezza del picchetto:  $L_p = 3 \text{ m}$

Diametro del picchetto:  $D_p = 25 \text{ mm}$

Resistenza di un singolo picchetto:

$$R_{E-\text{Picchetto}} = \frac{\rho_E}{2\pi L_p} \ln \left[ \frac{L_p}{r_p} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot L_p + 4h}{L_p + 4h}} \right]$$

dove:

$L_p$  è la lunghezza del picchetto [m];

$R_p$  è il raggio della sezione del picchetto cilindrico [m]

$h$  è la profondità di interrimento [m]

In tali condizioni il valore del contributo alla resistenza di terra complessiva è pari al seguente valore

$$R_{\text{picchetto}} = 13.7 \, \Omega$$

Calcolo della resistenza di terra della maglia:

$$R_{E-\text{Maglia}} = \rho_E \left[ \frac{1}{4 \cdot r} + \frac{1}{\sum I} \right]$$

dove:

$$\sum I = nb \cdot b + na \cdot a = 30 \cdot 36 + 30 \cdot 36 = 2160$$

lunghezza totale dei conduttori costituenti la rete

$$r = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 36}{3.14}} = 20.31$$

$$R_{\text{maglia}} = 0.64 \Omega$$

La resistenza di terra complessiva dell'impianto di terra disperdente così concepito è data dal parallelo delle resistenze di terra di 30 dispersori e del tondino in acciaio zincato.

Calcolo della resistenza di terra dell'impianto disperdente RE-Disp

$$R_{E-Disp} = \left( \frac{1}{R_{E-Tondino}} + \frac{1}{R_{E-Pichetto}} + \frac{1}{R_{E-Maglia}} \right)^{-1} = 0.16 \Omega$$

$$RE-Disp = 0.16 \Omega$$

Un ulteriore contributo alla diminuzione della resistenza di terra è dato dall'armatura metallica delle platee dei piazzali in cemento armato il cui contributo è stato valutato pari al 50% inferiore rispetto a quello dell'impianto di terra disperdente.

La resistenza di terra che ci si aspetta di riscontrare in sito mediante misura è pertanto non superiore alla metà del valore calcolato per l'impianto disperdente. Il valore atteso è pertanto pari a:

$$RE \text{ Disp } 2 = 0.097 \Omega$$

Nel caso i calcoli e le valutazioni teoriche non portino a raggiungere i risultati sperati si valuteranno ipotesi alternative quali:

- rendere il terreno più conduttivo mediante introduzione di idonei sali o gel;
- apportare terreno vegetale con una resistività inferiore;
- incrementare i dispersori intenzionali;
- verificare l'idoneità dell'impianto di terra realizzato mediante il monitoraggio della tensione di contatto sotto il valore limite.

## 2.9.2 VALUTAZIONE DELLE TENSIONI DI CONTATTO E DI PASSO

Il dispersore così dimensionato dovrà essere tale da impedire che, con la corrente di guasto a terra si verifichino in qualsivoglia punto dell'impianto tensioni di contatto e di passo pari o superiori ai valori della seguente tabella:

Durata guasto $t_f$ s	Tensione di contatto ammissibile $U_{Tp}$ V
0,05	716
0,10	654
0,20	537
0,50	220
1,00	117
2,00	96
5,00	86
10,00	85

Nel caso in esame (tempo di intervento delle protezioni pari a 0,50s), si ottiene che il valore di tensione da non superare è pari a:

$$U_{tp} = 220V$$

Sulla base dell'Allegato B della Norma CEI EN 50522 l'effettiva tensione di contatto ammissibile a vuoto risulta dalla seguente formula:

$$U_{vTp} = U_{Tp} + (R_{F1} + R_{F2} + 1.5\rho) \cdot I_B$$

dove:

$U_{tp}$ =Tensione di contatto ammissibile pari a 220V

$R_{f1}$ =Resistenza delle scarpe degli operatori (assunta pari a 2000ohm). Le scarpe utilizzate negli ambienti di lavoro presentano valori maggiori di resistenza di isolamento.

$R_{f2}$ =Resistenza aggiuntiva dei pavimenti (nel caso di pavimentazioni in asfalto possono essere assunti valori pari a 10000ohm)

$\rho$ =Resistività del terreno pari a 50  $\Omega$  m

$I_B$ = Corrente ammissibile del corpo umano a 0.5 secondi pari a 0.2A (tab. B1 della norma CEI EN 50522)

Con riferimento alla tipologie di zone interessate, zone aperte asfaltate e zone aperte con pavimentazione in cemento armato si ha:

Per le parti del piazzale con pavimentazioni in cemento armato;

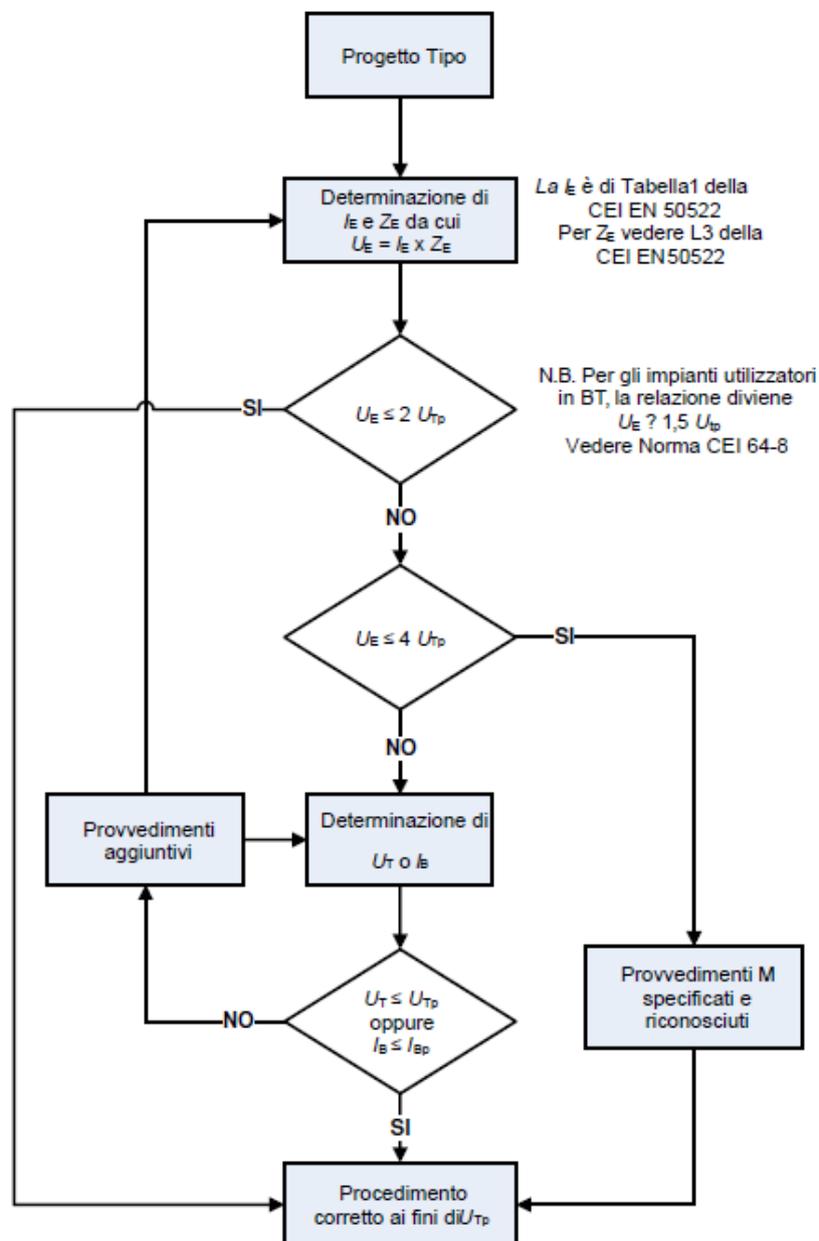
$$U_{vTp} = 220 + (2000 + 1.5 \cdot 50) \cdot 0.2 = 635V$$

Per le parti del piazzale con pavimentazioni in asfalto dove la resistenza delle scarpe può essere trascurata;

$$U_{vTp} = 220 + (10000 + 1.5 \cdot 50) \cdot 0.2 = 2235V$$

La tensione totale di terra UE è data dalla formula

$$U_E = Z_E \cdot I_E = 0.16 \cdot 9800 = 1568V$$



Con riferimento allo schema a blocchi illustrato sopra e tratto dalle norme CEI 99-3 ed indicando con  $U_{vTp}$  la tensione di contatto ammissibile a vuoto si ha che:

**Per le zone aperte non asfaltate  $U_e$  è minore di 4 volte la  $U_{vTp}$  ossia:**

$$1568V < 4 \times 635V$$

**Per le zone asfaltate  $U_e$  è minore di  $U_{vTp}$  ossia:**

$$1568V < 2235V$$

### 2.9.3 DIMENSIONAMENTO TERMICO DEL DISPERSORE

Il dispersore sarà realizzato con corda nuda in rame, la cui sezione può essere determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

dove:

A=Sezione minima del conduttore di terra in  $mm^2$

I= corrente del conduttore, in A

t=durata della corrente di guasto

K=226 per i conduttori in rame

$\beta = 234,5^\circ C$

$\Theta_i$  =temperatura iniziale  $20^\circ C$

$\Theta_f$  =temperatura finale  $300^\circ C$

$$A = \frac{9800}{226} \sqrt{\frac{0.5}{\ln \frac{300 + 234.5}{20 + 234.5}}} = 36mm^2$$

La scelta di un conduttore costituito da una corda di fili di rame (37x2.22mm) con sezione nominale 150mm<sup>2</sup> rispetta ampiamente il limite imposto dal dimensionamento termico.

#### 2.9.4 CONCLUSIONI

Sulla base del medesimo diagramma a blocchi il progetto risulta già corretto per le aree asfaltate mentre per le altre aree è necessario introdurre ulteriori provvedimenti come previsto nell'allegato E.

Nel nostro caso per rispettare quanto riportato nell'allegato E verrà realizzato un anello chiuso perimetralmente a tutto l'impianto di terra. Dentro tale anello le parti del piazzale non asfaltato realizzate in cls armato sono dotate di rete metallica che verrà collegata all'impianto di terra tramite connessioni saldate. Verrà verificata la continuità della rete metallica ed ogni parte risultata isolata sarà opportunamente collegata all'impianto di terra. Ogni parte metallica delle strutture dei pavimenti dei piazzali sarà almeno collegata all'impianto di terra in due punti distinti e opportunamente separati. L'utilizzo delle reti metalliche continue delle pavimentazioni dei piazzali e dell'edificio serve per mantenere elevato e costante il potenziale superficiale di queste zone in maniera che gli operatori non subiscano elevate differenze di potenziale durante l'eventuale guasto. Sempre per limitare i valori delle tensioni di passo e contatto all'interno della stazione le piazzole per l'installazione delle apparecchiature AT saranno ricoperte con uno strato di ghiaione stabilizzato.

Una situazione di pericolo potrebbe invece avere luogo sul lato esterno dell'impianto prospiciente la campagna limitrofa. Per ovviare a questo problema si ritiene necessario installare un anello di terra ulteriore ed esterno alla recinzione per il controllo del potenziale. L'anello dovrà essere interrato ad una profondità massima di 0.6m e dovrà essere collegato all'impianto di terra della stazione.

## **2.10 RUMORE**

Nella Stazione d'Utenza la sola apparecchiatura che rappresenta una sorgente di rumore permanente è il trasformatore AT/MT, per il quali si può considerare un livello di pressione sonora  $L_p(A)$  a vuoto alla tensione nominale non superiore a 72 dB(A) a 0.3 metri in funzionamento ONAN e 78 dB(A) a 2 metri in funzionamento ONAF: esso però non viene percepito all'esterno del perimetro di recinzione.

Inoltre, gli interruttori, durante le manovre (di brevissima durata e pochissimo frequenti), possono provocare un rumore trasmissibile all'esterno. In ogni caso il rumore sarà contenuto nei limiti previsti dal DPCM 01-03-1991 e la legge quadro sull'inquinamento acustico del 26 ottobre 1995 n. 447.

## **2.11 OPERE CIVILI**

### **2.11.1 FABBRICATI**

I fabbricati sono costituiti da un edificio quadri comando e controllo, composto da un locale comando e controllo e telecomunicazioni; un locale per i trasformatori MT/BT, un locale quadri MT ed un locale misure e rifasamento. Il pavimento potrà essere realizzato di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi.

### **2.11.2 STRADE E PIAZZOLE**

Le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT. Le strade saranno ricoperte con uno strato superficiale in asfalto sempre per ridurre i valore di tensione di passo e contatto.

### **2.11.3 FONDAZIONI E CUNICOLI CAVI**

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione, sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con l'esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato con caratteristiche, comunque, uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera. Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2000 daN. I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

### **2.11.4 INGRESSI E RECINZIONI**

Il collegamento dell'impianto alla viabilità sarà garantito dalla strada vicinale limitrofa. Per l'ingresso alla stazione, è previsto un cancello carrabile largo m 6,00 ed un cancello

pedonale, per ciascuno degli ingressi previsti, inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato. La recinzione perimetrale sarà conforme alla norma CEI 99-2.

### **2.11.5 SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE E FOGNARIE**

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.). Lo smaltimento delle acque, meteoriche, è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di sub-irrigazione o altro.

### **2.11.6 ILLUMINAZIONE**

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali tradizionali di tipo stradale, con proiettori orientabili. Essa sarà compatibile con le normativa contro l'inquinamento luminoso, in quanto sarà utilizzata per i corpi illuminanti la tecnologia led, e le lampade saranno orientate in modo che la parte attiva sia parallela alla superficie del terreno. L'apparecchio illuminante scelto per l'illuminazione dell'area esterna della stazione di utenza è un proiettore IP66 in doppio isolamento (classe II) con lampade a LED ed ottica asimmetrica da 104W tipo Indio della Disano o modello equivalente posto sulla sommità del palo e con inclinazione parallela al terreno. Quindi, la morsettiera a cui saranno attestati i cavi dovrà essere anche essa in classe II e i pali utilizzati, se metallici, non dovranno essere collegati a terra.

L'impiego degli apparecchi a LED rispetto a quelli di tipo tradizionale, a parità di valori illuminotecnici da raggiungere nelle varie aree, comporta potenze di installazione minori per singolo corpo illuminante (favorendo quindi il risparmio energetico) e costi di manutenzione ridotti, grazie alla lunga aspettativa di vita e durata dei LED.

### **2.11.7 MOVIMENTI DI TERRA**

I rilievi effettuati sull'area in oggetto, evidenziano che il terreno, dove dovrà sorgere la nuova stazione, è praticamente pianeggiante; per cui non sono da prevedere movimenti di terra, se non di trascurabile entità.

## **2.12 CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE DI IMPIANTO**

Tutto l'impianto e le apparecchiature installate saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI 99-2 e 99-3 e specifiche TERNA e E-DISTRIBUZIONE.

Le caratteristiche principali sono le seguenti:

- tensione massima: 170 kV,

- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale sul sezionamento: 325 kV,
- tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico sul sezionamento: 750 kV.

Interruttori tripolari in SF<sub>6</sub>:

- corrente nominale: 2000 A,
- potere di interruzione nominale in cto cto: 31,5 kA.

Sezionatori tripolari verticali di sbarra, orizzontali con lame di messa a terra sulle partenze di linea:

- corrente nominale: 2000 A (con lame di terra),
- corrente nominale di breve durata: 31,5 kA.

Trasformatori di corrente:

- rapporto di trasformazione nominale: 400-1600/5 A/A
- corrente massima permanente: 1,2 I primaria nominale,
- corrente nominale termica di cto cto: 31,5 kA.

Trasformatori di tensione:

- rapporto di trasformazione nominale:  $150/\sqrt{3}$  kV,  $100/\sqrt{3}$  V

Le prestazioni verranno definite in sede di progetto esecutivo.

I trasformatori di tensione saranno di tipo capacitivo, eccetto quelli dedicati alle misure contrattuali che potranno essere di tipo induttivo.

Sbarre:

- corrente nominale: 2000 A.

Trasformatore trifase in olio minerale

- Tensione massima 170 kV
- Frequenza 50 Hz
- Rapporto di trasformazione 150/30 kV
- Livello d'isolamento nominale all'impulso atmosferico 750 kV
- Livello d'isolamento a frequenza industriale 325 kV
- Tensione di corto circuito 12,5 %
- Collegamento avvolgimento Primario Stella
- Collegamento avvolgimento Secondario Triangolo
- Potenza in servizio continuo (ONAN/ONAF) 16/20 MVA
- Peso del trasformatore completo 40 t

Caratteristiche di massima dei componenti MT

- tensione di esercizio nominale Vn 30 kV

- tensione di isolamento nominale 36 kV
- tensione di prova a 50 Hz 1 min 70 kV
- tensione di tenuta ad impulso 170 kV
- frequenza nominale 50 Hz
- corrente nominale in servizio continuo  $I_n$  1250 A
- corrente ammissibile di breve durata  $I_K$  20 kA
- corrente di cresta  $I_P$  2,5 ·  $I_K$
- temperatura di esercizio -5 ÷ +40 °C

## 2.12.1 INTERRUTTORI A TENSIONE NOMINALE 150Kv

<i>Tipo TERNA</i>	<i>Corrente di interruzione (kA)</i>	
Y3/4-C	31,5	
Y3/4-P	31,5	
Y3/6-C	40	
Y3/6-P	40	
<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Y3/4</b>	<b>Y3/6</b>
Tensione nominale (kV)	170	
Livello di isolamento nominale:		
- tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico (kV):	750	
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale (kV):	325	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale (A)	2000	
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:		
- corrente continua (V)	110	
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400	
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):		
- corrente continua (W)	1500	
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500	
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	80	100
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO	
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	63	
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	160	
Corrente di interruzione nominale di batteria singola di condensatori (A)	400	
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	8	10
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a lancio)	80	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a mancanza)	120	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Forze statiche ai morsetti:		
- orizzontale longitudinale (N)	1250	
- orizzontale trasversale (N)	750	
- verticale (N)	1000	
Livello di qualificazione sismica	AF5	

## 2.12.2 SEZIONATORI ORIZZONTALI A TENSIONE NOMINALE 150kV

Codifica Terna	Y21/2	Y21/4	Y21/6	Y21/8
Classe di corrente indotta del sezionatore di terra	A		B	
Salinità di tenuta a 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	56			
Tensione nominale (kV)	170			
Corrente nominale (A)	2000			
Frequenza nominale (Hz)	50			
Corrente nominale di breve durata:				
- valore efficace (kA)	31,5	40	31,5	40
- valore di cresta (kA)	80	100	80	100
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1			
Accoppiamento elettromagnetico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	50		125	
- tensione induttiva nominale (kV)	1k		10	
Accoppiamento elettrostatico (sezionatore di terra)				
- corrente induttiva nominale (A)	0,4		5	
- tensione induttiva nominale (kV)	3		6	
Tensione di prova ad impulso atmosferico:				
- verso massa (kV)	650			
- sul sezionamento (kV)	750			
Tensione di prova a frequenza di esercizio:				
- verso massa (kV)	275			
- sul sezionamento (kV)	315			
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:				
- orizzontale longitudinale (N)	800			
- orizzontale trasversale (N)	250			
- verticale (N)	1000			
Tensione nominale di alimentazione:				
- motore (V <sub>cc</sub> )	110			
- circuiti di comando ed ausiliari (V <sub>cc</sub> )	110			
- resistenza di riscaldamento (V <sub>ca</sub> )	230			
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando di ciascun sezionatore (kW)	2			
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15			

### 2.12.3 SEZIONATORI DI TERRA A TENSIONE NOMINALE 150kV

<i>Codifica Terna</i>	Y23/1	Y23/2
Tensione nominale (kV)	170	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale di breve durata:		
- valore efficace (kA)	31,5	40
- valore di cresta (kA)	80	100
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1	
Tensione di prova ad impulso atmosferico verso massa (kV)	650	
Tensione di prova a frequenza di esercizio verso massa (kV)	275	
Sforzo meccanico orizzontale trasversale nom. sui morsetti (N)	600	
Tensione nominale di alimentazione:		
- motore ( $V_{cc}$ )	110	
- circuiti di comando ed ausiliari ( $V_{cc}$ )	110	
- resistenza di riscaldamento ( $V_{ca}$ )	230	
Assorbimento massimo complessivo dei motori di comando (kW)	2	
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15	

## 2.12.4 TRASFORMATORI DI CORRENTE A TENSIONE DI ESERCIZIO 150kV

<i>Terna Type</i>	T37 - T38
-------------------	-----------

GRANDEZZE NOMINALI		
Corrente termica di breve durata ( $I_{th}$ )	(kA)	40
Tensione nominale ( $U_m$ )	(kV)	170
Frequenza nominale	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale: T38	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
T37	(A/A)	200/5 400/5
Numero di nuclei	(n)	3
Corrente termica nominale permanente	(A)	1,2 $I_p$
Corrente termica nominale di emergenza 1 h	(A)	1,5 $I_p$
Corrente dinamica nominale ( $I_{dyn}$ )	(p.u.)	2,5 $I_{th}$
Resistenza secondaria II e III nucleo a 75°C	( $\Omega$ )	$\leq 0,4$
Prestazioni e classi di precisione: I nucleo	(VA/Cl.)	30/0,2 50/0,5
II e III nucleo	(VA/Cl.)	30/5P30
Fattore di sicurezza (I nucleo)	-	$\leq 10$
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	850
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	360
Tensione di tenuta a impulso di manovra	(kV)	-

## 2.12.5 TRASFORMATORI DI TENSIONE CAPACITIVI

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/1	Y43/1	Y46/1	Y44/1
Tensione primaria nominale [kV]	380 / $\sqrt{3}$	220 / $\sqrt{3}$	150 / $\sqrt{3}$	132 / $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100 / $\sqrt{3}$			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione [VA/Cl.]	50/0,2 – 75/0,5 – 100/3P			
Capacità nominale [pF]	4000÷10000			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000
Carico di tenuta meccanica sulla flangia [N]	-	-	4000	4000

## 2.12.6 TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/2	Y43/2	Y46/2	Y44/2
Tensione primaria nominale [kV]	380 / $\sqrt{3}$	220 / $\sqrt{3}$	150 / $\sqrt{3}$	132 / $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100 / $\sqrt{3}$			
Numero avvolgimenti secondari [n]	1			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione [VA/Cl.]	50/0,2			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000

## 2.12.7 TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI CON DUE AVVOLGIMENTI SECONDARI

GRANDEZZE NOMINALI				
Codice TERNA	Y41/3	Y43/3	Y46/3	Y44/3
Tensione primaria nominale [kV]	380/ $\sqrt{3}$	220/ $\sqrt{3}$	150/ $\sqrt{3}$	132/ $\sqrt{3}$
Tensione secondaria nominale [V]	100/ $\sqrt{3}$			
Numero avvolgimenti secondari [n]	2			
Frequenza nominale [Hz]	50			
Prestazione nominale e classe di precisione secondario di misura [VA/Cl.]	50/0,2			
Prestazione nominale e classe di precisione secondario di misura e protezione [VA/Cl.]	75/0,5 - 100/3P			
Tensione massima per l'apparecchiatura [kV]	420	245	170	145
Tensione di tenuta a frequenza industriale [kV]	630	460	325	275
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico [kV]	1425	1050	750	650
Tensione di tenuta ad impulso di manovra [kV]	1050	-	-	-
Carico di tenuta meccanica sui terminali AT [N]	3000	2500	2000	2000

## 2.12.8 SCARICATORI

Tipo Terna	Y56	Y57	Y58	Y59
Tensione della rete 50Hz (max tensione)	380 kV (420 kV)	220 kV (245 kV)	132 kV (145 kV)	150 kV (170 kV)
Tensione servizio continuo U <sub>c</sub>	265 kV	156 kV	94 kV	108 kV
Max tensione temporanea 1 s	366 kV	219 kV	132 kV	156 kV
Max tensione residua con impulsi atmosferici (20 kA - 8/20 μ s)	830 kV	520 kV	-	-
Max tensione residua con impulsi atmosferici (10 kA - 8/20 μ s)	-	-	336 kV	396 kV
Max tensione residua con impulsi fronte ripido (20 kA - 1 μ s)	955 kV	600 kV	-	-
Max tensione residua con impulsi fronte ripido (10 kA - 1 μ s)	-	-	386 kV	455 kV
Max tensione residua con impulsi manovra (30/60 μ s)	2000 A: 720 kV	2000 A: 440 kV	1000 A: 270 kV	1000 A: 318 kV
Classe di scarica della linea (IEC)	4	4	3	3
Corrente nominale scarica	20 kA	20 kA	10 kA	10 kA
Valore di cresta impulsi forte corrente	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA
Corrente nominale di corto circuito	63 kA	50 kA	40 kA	40 kA

**2.12.9 SBARRE**

<b>SBARRE</b>		
<b>TENSIONE</b>	<b>DIAMETRO INTERNO</b>	<b>DIAMETRO ESTERNO</b>
<b>132-150 kV</b>	86 mm	100 mm
<b>220 kV</b>	140 mm	150 mm
<b>380 kV</b>	207 mm	220 mm
<b>COLLEGAMENTI SOTTO LE SBARRE</b>		
<b>132-150 kV</b>	86 mm	100 mm
<b>220 kV</b>	86 mm	100 mm
<b>380 kV</b>	80mm	100 mm
<b>COLLEGAMENTI DI STALLO TRA LE APPARECCHIATURE</b>		
<b>132-150 kV</b>	1 corda di alluminio di diametro $\varnothing$ 36 mm per lo stallo linea, lo stallo batterie di condensatori e trasformatore AT/MT, 2 corde di alluminio da $\varnothing$ 36 mm per lo stallo parallelo, lo stallo congiuntore sbarre e lo stallo trasformatore AAT/AT	
<b>220 kV</b>	1 corda di alluminio di diametro $\varnothing$ 36 mm per lo stallo trasformatore, lo stallo reattore e lo stallo batterie di condensatori, 2 corde di alluminio $\varnothing$ 36 mm per lo stallo linea e 3 corde di alluminio $\varnothing$ 36 mm per lo stallo parallelo.	
<b>380 kV</b>	2 corde di alluminio di diametro $\varnothing$ 41,1 mm per lo stallo linea, lo stallo trasformatore e lo stallo parallelo sbarre, 1 corda di alluminio di diametro $\varnothing$ 41,1 mm per stallo reattore di rifasamento.	