



LUGLIO 2023

SOLAR INVEST 1 S.r.l.
IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 22 MW

COMUNE DI SAN SEVERO (FG)

Montano

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO
INTEGRATO AGRIVOLTAICO

Relazione calcolo preliminare
impianti

Progettisti (o coordinamento)

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

Codice elaborato

*2748_5286_SSPAL_VIA_R08_Rev0_Relazione calcolo preliminare
impianti*

Memorandum delle revisioni

| Cod. Documento | Data | Tipo revisione | Redatto | Verificato | Approvato |
|---|---------|-----------------|---------|------------|-----------|
| 2748_5286_SSPAL_VIA_R08_Rev0_Rel azione calcolo preliminare impianti | 07/2023 | Prima emissione | AD - MP | CP | L.Conti |

Gruppo di lavoro

| Nome e cognome | Ruolo nel gruppo di lavoro | N° ordine |
|---------------------|---|-----------------------------------|
| Laura Maria Conti | Direzione Tecnica | Ordine Ing. Pavia 1726 |
| Daniele Crespi | Project Manager e Coordinamento SIA | |
| Corrado Pluchino | Project Manager | Ord. Ing. Milano A27174 |
| Riccardo Festante | Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni | Tecnico acustico/ambientale n. 71 |
| Giulia Peirano | Architetto | Ordine Arch. Milano n. 20208 |
| Marco Corrà | Architetto | |
| Fabio Lassini | Ingegnere Idraulico | Ordine Ing. Milano A29719 |
| Mauro Aires | Ingegnere strutturista | Ordine Ing. Torino 9583J |
| Elena Comi | Biologo | |
| Sergio Alifano | Architetto | |
| Paola Scaccabarozzi | Ingegnere Idraulico | |
| Fabrizio Columbro | Ingegnere Ambientale | |
| Andrea Delussu | Ingegnere Elettrico | |
| Luca Morelli | Ingegnere Ambientale | |
| Matteo Cuda | Naturista | |

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





| Nome e cognome | Ruolo nel gruppo di lavoro | N° ordine |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Graziella Cusmano | Architetto | |
| Davide Chiappari | Biologo Ambientale | |
| Matthew Piscedda | Perito Elettrotecnico | |
| Vincenzo Ferrante | Ingegnere strutturista | Ordine Ingegneri Siracusa n.2216 |
| Pietro Cassarini | Ingegnere Idraulico | |
| Michele Pecorelli (Studio Geodue) | Geologo - Indagini Geotecniche Geodue | Ordine Geologi Puglia n. 327 |
| Nazzario D'Errico | Agronomo | Ordine Agronomi di Foggia n. 382 |
| Felice Stoico | Archeologo | |
| Marianna Denora | Architetto - Acustica | Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521 |

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



INDICE

| | | |
|------|---|----|
| 1. | PREMESSA | 6 |
| 2. | LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO | 7 |
| 3. | DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 8 |
| 3.1 | LAYOUT D'IMPIANTO | 8 |
| 3.2 | CONFIGURAZIONE IMPIANTO | 10 |
| 4. | RIFERIMENTI NOMATIVI | 12 |
| 4.1 | NORME DI RIFERIMENTO PER LA BASSA TENSIONE | 12 |
| 4.2 | NORME DI RIFERIMENTO PER LA MEDIA TENSIONE | 13 |
| 5. | CALCOLO PRELIMINARE ELETTRICO 36 KV-BT | 14 |
| 5.1 | ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE | 14 |
| 5.2 | CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO | 14 |
| 5.3 | ARMONICHE | 15 |
| 5.4 | DIMENSIONAMENTO CAVI | 16 |
| 5.5 | LE CONDUTTURE DIMENSIONATE CON QUESTO CRITERIO SONO, PERTANTO, PROTETTE CONTRO LE SOVRACORRENTI. INTEGRALE DI JOULE | 17 |
| 5.6 | DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO | 18 |
| 5.7 | DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE | 19 |
| 5.8 | CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI | 20 |
| 5.9 | CADUTE DI TENSIONE | 20 |
| 5.10 | TRASFORMATORI | 21 |
| 5.11 | TRASFORMATORI A DUE AVVOLGIMENTI | 21 |
| 6. | STUDIO DI CORTOCIRCUITO | 24 |
| 6.1 | STATO NEL NEUTRO DI IMPIANTO | 24 |
| 6.2 | CALCOLO DEI GUASTI 36 kV | 24 |
| 6.3 | CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO | 24 |
| 6.4 | CALCOLO DELLE CORRENTI MINIME DI CORTOCIRCUITO | 27 |
| 6.5 | CALCOLO GUASTI BIFASE-NEUTRO E BIFASE-TERRA | 28 |
| 6.6 | GUASTI MONOFASI A TERRA LINEE 36 kV | 28 |
| 6.7 | SCELTA DELLE PROTEZIONI | 30 |
| 6.8 | VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE | 30 |
| 6.9 | VERIFICA DI SELETTIVITÀ | 31 |
| 6.10 | MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA A 36 kV | 32 |
| 7. | CALCOLO PRELIMINARE IMPIANTO DI TERRA | 33 |
| 7.1 | DEFINIZIONI | 33 |
| 7.2 | INFORMAZIONI | 34 |
| 7.3 | TIPOLOGIA DI DISPERSORI DI TERRA | 35 |
| 7.4 | CALCOLI DELL'ESTENSIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA | 39 |
| 7.5 | RISOLUZIONE GUASTO 36 kV | 40 |
| 7.6 | RISOLUZIONE GUASTO BT (AC CURRENT) | 41 |
| 7.7 | PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI | 41 |



| | | |
|-----|--|----|
| 7.8 | RISOLUZIONE GUASTO BT (DC CURRENT) | 41 |
| 8. | SCARICHE ATMOSFERICHE | 43 |
| 9. | ESTRATTO DI CALCOLO 36 KV E BT | 44 |



1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo Solar Invest 1 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico in alcuni terreni nel territorio comunale di San Severo di potenza pari a 22 MW su un'area catastale di circa 30,78 ettari complessivi di cui circa 27,69 ettari recintati.

Solar Invest 1 S.r.l., è una società italiana con sede legale in Italia nella città di Torremaggiore (FG). Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'opera ha dei contenuti economico-sociali importanti e tutti i potenziali impatti sono stati mitigati. Il progetto sarà eseguito in regime "agrivoltaico" che produce energia elettrica "zero emission" da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato con l'attività agricola, garantendo un modello eco-sostenibile che fornisca energia pulita e prodotti sani da agricoltura biologica.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su strutture mobili (tracker) di tipo monoassiale mediante palo infisso nel terreno.

Le strutture saranno posizionate in maniera da consentire lo sfruttamento agricolo ottimale del terreno. I pali di sostegno sono distanti tra loro 9,90 metri per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento. Saranno utilizzate due tipologie di strutture, una da 56 moduli (Tipo 1) e l'altra da 28 moduli (Tipo 2).

I terreni non occupati dalle strutture dell'impianto continueranno ad essere adibiti ad uso agricolo ed è prevista una piantumazione e coltivazione di ulivi.

Il progetto rispetta i requisiti riportati all'interno delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" in quanto la superficie minima per l'attività agricola è pari al 70,64% mentre la LAOR (percentuale di superficie ricoperta dai moduli) è pari al 34,54%.

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo".

Il presente documento costituisce la Relazione di calcolo preliminare degli impianti elettrici e dell'impianto di terra relativo all'impianto solare fotovoltaico denominato "Palumbieri".

Sono esposti i calcoli preliminari del solo impianto fotovoltaico ad esclusione delle opere di connessione per le quali si rimanda a specifici elaborati.

Il calcolo elettrico sviluppato tiene conto della massima potenza AC erogabile dall'impianto pari a circa 22 MVA.

Tale valore coincide con la somma delle potenze AC erogabili da ogni singola Power Station (definite dalla taglia dell'inverter all'interno di ogni cabina di conversione).

Nell'area dell'impianto saranno poste n. 1 Cabina di Smistamento a 36 kV e 6 Power Station, 2 cabine guardiania e controllo e 2 magazzini.

2. LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di San Severo, in Provincia di Foggia. L'area di progetto è divisa in 2 sezioni; le sezioni sono poste a 7 km a Sud-Est dal comune di San Severo.

L'area è posta in adiacenza alla strada provinciale SP20.

L'area di progetto presenta un'estensione complessiva catastale pari a circa 30,78 ettari ed un'area recintata pari a 27,69 ettari.



Figura 2.1 - Localizzazione dell'area d'intervento. In rosso le sottoaree di progetto.

L'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo".

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato di minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

Si rimanda alla tavola "*_5286_SSPAL_VIA_T01_Rev0_Stato di Fatto*" per la visione in dettaglio dello stato di fatto dell'area d'interesse dell'impianto.

3. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 22 MW è costituito da:

- n. 1 Cabina di Smistamento 36 kV di Campo. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 6 Power Station. Le Power Station avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa ai 36 kV di progetto; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle String Box che, a loro volta, raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- n. 2 Uffici e n. 2 Magazzini a uso del personale;
- Moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondante su pali infissi nel terreno.

L'impianto è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni;
- macchinari per la conduzione del piano colturale previsti da progetto agronomico.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad. es. quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione della rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati tecnici di maggior dettaglio si rimanda agli elaborati dedicati.

L'impianto elettrico a 36 kV è stato previsto con distribuzione radiale. L'impianto di bassa tensione prevederà la realizzazione di una sezione in corrente alternata e una in corrente continua.

In allegato al documento è riportato l'elenco utenze a 36 kV con il relativo calcolo elettrico e studio di cortocircuito.

Lo schema unifilare di cui all'elaborato: "2748_5286_SSPAL_VIA_T19_Rev0_Schema elettrico unifilare impianto FV" riporta un dettaglio dei principali componenti di impianto nonché la rappresentazione delle linee a 36 kV.

Ulteriori dettagli sono rilevabili nei seguenti elaborati relativi all'impianto di terra e alla distribuzione:

- "2748_5286_SSPAL_VIA_T17_Rev0_Percorso cavi 36 kV"
- "2748_5286_SSPAL_VIA_T18_Rev0_Rete di terra".

3.1 LAYOUT D'IMPIANTO

Il layout d'impianto è stato sviluppato secondo le seguenti linee guida:

- Analisi vincolistica;
- Scelta della tipologia impiantistica;
- Ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica;



- Disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 2 sezioni denominate C1 e C2, i dettagli relativi alla potenza, al numero di strutture e ai moduli presenti in ciascuna sezione sono riportati nella Tabella 3.1. Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche:

- Larghezza massima struttura tracker 5,268 m;
- Altezza massima palo 2,689 m;
- Larghezza viabilità perimetrale 4,00 m e interna 3,50 m;
- Rispetto dei confini catastali di circa 5,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 2 file verticali;

Tabella 3.1 - Dati di progetto

| IMPIANTO | STRUTTURA (PITCH 9 M) | N MODULI X STRUTTURA | N STRUTTURE | N MODULI COMPLESSIVI | POTENZA MODULO (WP) | POTENZA COMPLESSIVA (MWP) | NUMERO CABINE |
|---------------|-----------------------|----------------------|-------------|----------------------|---------------------|---------------------------|---------------|
| SEZIONE C1 | TIPO 1: 28x2 | 56 | 391 | 21.896 | 690 | 15,11 | 4 |
| | TIPO 2: 14x2 | 28 | 72 | 2.016 | 690 | 1,39 | |
| TOTALE SEZ C1 | | | | | | 16,50 | |
| SEZIONE C2 | TIPO 1: 28x2 | 56 | 119 | 6.664 | 690 | 4,60 | 2 |
| | TIPO 2: 14x2 | 28 | 47 | 1.316 | 690 | 0,90 | |
| TOTALE SEZ C2 | | | | | | 5,50 | |
| TOTALE | | | | 31.920 | | 22,00 | 6 |



Figura 3.1: Layout di progetto.

3.2 CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L'impianto è collegato alla rete elettrica nazionale con connessione trifase a 36 kV; ha una potenza pari a 22 MW_p, suddivisa in 6 Power Station, derivante da 31.892 moduli. Tali moduli sono ricompresi all'interno di un'area di proprietà recintata avente una superficie di circa 27,69 ha recintati. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della configurazione di impianto:

Tabella 3.2: Dati di progetto.

| ITEM | DESCRIZIONE |
|--------------------------------------|---|
| Richiedente | SOLAR INVEST 1 S.R.L. |
| Luogo di installazione: | SAN SEVERO (FG) |
| Denominazione impianto: | Palumbieri |
| Potenza di picco (MW _p): | 22 MW _p |
| Informazioni generali del sito: | Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare. |
| Connessione: | Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI |
| Tipo strutture di sostegno: | Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker fissate a terra su pali |
| Inclinazione piano dei moduli: | +55° - 55° |



| ITEM | DESCRIZIONE |
|--|--|
| Azimut di installazione: | 0° |
| Power Station: | n. 6 cabine distribuite in campo |
| Cabine di Smistamento: | n. 1 cabine interne ai campi FV |
| Rete di collegamento: | 36 kV |
| Coordinate (punto baricentrico dell'impianto): | Latitudine 41.374982°N; Longitudine 15.245434°E |

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di 2 rami che collegano in Entra-Esci le Power Station in 2 gruppi:

Ogni ramo alimenta le relative Power Station collegate reciprocamente tra loro in configurazione Entra-Esci.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle Power Station e dei relativi rami di connessione.

Tabella 3.3: Configurazione cabine di conversione "Power Station".

| ID. | RAMO | CABINA DI CAMPO | POTENZA AC (KVA) |
|-----|------|-----------------|------------------|
| 1 | R1 | C1.1 | 3300 |
| 2 | R1 | C1.2 | 3300 |
| 3 | R1 | C1.3 | 3300 |
| 4 | R2 | C1.4 | 3300 |
| 5 | R2 | C2.1 | 3300 |
| 6 | R2 | C2.2 | 3300 |

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto. Dalla lettura dello schema unifilare del presente progetto, è possibile riscontrare le informazioni e le caratteristiche impiantistiche dell'impianto fotovoltaico nonché dei suoi elementi.

I vari sottocampi fotovoltaici, nel quale è elettricamente suddiviso l'intero impianto, saranno connessi alle Cabine di Smistamento a 36 kV site all'interno dell'area di impianto tramite linee interrate costituite da cavi in alluminio tipo ARE4H5E 20,8/36 kV come indicato nei dettagli negli elaborati di progetto.

4. RIFERIMENTI NOMATIVI

4.1 NORME DI RIFERIMENTO PER LA BASSA TENSIONE

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).



- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.
- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão.

4.2 NORME DI RIFERIMENTO PER LA MEDIA TENSIONE

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche AT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.
- IEC 61892-4 I Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

5. CALCOLO PRELIMINARE ELETTRICO 36 KV-BT

5.1 ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE

La proponente ha richiesto la soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione a Terna S.p.A.; tale soluzione emessa da Terna con codice pratica 202102769 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo".

Le opere di connessione dell'impianto alla nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN attraverseranno alcune aree del Comune di San Severo (FG). In particolare, l'impianto di produzione da fonte solare sarà collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo", attraverso cavidotto 36 kV della lunghezza di circa 7,78 km.

È stata richiesta una STMG integrativa per sopperire alla potenza richiesta con la STMG sopra riportata. Relativamente alla connessione ed agli impianti interni all'area fotovoltaica sono stati previsti i seguenti parametri di dimensionamento riferiti al quadro QCSmist della cabina di Smistamento:

- Tensione di esercizio: 36 kV;
- Corrente nominale 36 kV: circa 318 A;
- Frequenza di esercizio: 50 Hz;
- Massima corrente di cortocircuito sulla sbarra 36 kV: < 25 kA;

A valle della sbarra saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura utili alla connessione a regola d'arte e in sicurezza dell'impianto fotovoltaico. Inoltre tutti gli elementi dovranno essere dimensionati per la massima corrente di cortocircuito 36 kV sulla sbarra (prevista inferiore a 25 kA).

5.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi e corrente continua;
- $k_{ca} = 1,73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos\varphi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos\varphi - j\sin\varphi) \\ I_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - \frac{2\pi}{3})} = I_b \cdot (\cos(\varphi - \frac{2\pi}{3}) - j\sin(\varphi - \frac{2\pi}{3})) \\ I_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - \frac{4\pi}{3})} = I_b \cdot (\cos(\varphi - \frac{4\pi}{3}) - j\sin(\varphi - \frac{4\pi}{3})) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$V_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

nella quale coeff è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

Per le utenze terminali la potenza P_n è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione P_n rappresenta la somma vettoriale delle P_d delle utenze a valle ($\sum P_d$ a valle).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ($\sum Q_d$ a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left(\arctan \left(\frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

5.3 ARMONICHE

Le utenze terminali e le distribuzioni, come gli UPS e i Convertitori, possono possedere un profilo armonico che descrive le caratteristiche distorcenti di una apparecchiatura elettrica.

Sono gestite le armoniche fino alla 21°, ossia fino alla frequenza di 1050 Hz (per un sistema elettrico a 50Hz).

Le armoniche prodotte da tutte le utenze distorcenti sono propagate da valle a monte come le correnti alla frequenza fondamentale, seguendo il 'cammino' dettato dalle impedenze delle linee, delle forniture, generatori, motori e non meno importanti i carichi capacitivi, che possono assorbire elevate correnti armoniche.

Gestito il passaggio delle armoniche attraverso i trasformatori (in particolare vengono bloccate le terze armoniche (omopolari) nei trasformatori Dyn11). Le armoniche, al pari della fondamentale, sono gestite in formato vettoriale, perciò durante la propagazione sono sommate con altre correnti di pari ordine vettorialmente.

Gestito il passaggio delle armoniche attraverso gli UPS, in particolare per tener conto del By-Pass che, se attivo, lascia passare le armoniche provenienti da valle. Gestite anche le armoniche proprie dell'UPS (tarate in funzione della potenza che sta assorbendo il raddrizzatore).

Vengono calcolate le correnti distorte I_{bTHD} di impiego e I_{nTHD} di neutro, oltre al fattore di distorsione THD [%].

La corrente I_{bTHD} è la massima tra le fasi:

$$I_{bTHD} = \max \left(\sqrt{\sum_{h=1}^{21} I_{f,h}^2} \right)_{f=1,2,3}$$

con f il numero delle fasi dell'utenza e h l'ordine di armonica.

Molto importante è la corrente distorta circolante nel neutro, in quanto essa porta le armoniche omopolari multiple di 3, che hanno la caratteristica di sommarsi algebricamente e di diventare facilmente dell'ordine di grandezza delle correnti di fase.

$$I_{nTHD} = \sqrt{\sum_{h=1}^{21} I_{n,h}^2}$$

Il fattore di distorsione fornisce un parametro riassuntivo del grado di distorsione delle correnti che circolano nella linea, e viene calcolato tramite la formula:

$$THD\% = \frac{100 \times \sqrt{I_b THD^2 - I_f^2}}{I_f}$$

I valori delle correnti distorte sono utilizzati per calcolare i seguenti parametri:

- calcolo della sezione del neutro per utenze 3F+N;
- calcolo temperatura cavi alla $I_b THD$;
- calcolo sovratemperatura quadri alla $I_b THD$;
- verifica delle portate e delle protezioni in funzione delle correnti distorte.

5.4 DIMENSIONAMENTO CAVI

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi AT e BT è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la condotta in modo da verificare le condizioni:

$$\begin{aligned} a) \quad & I_b \leq I_n \leq I_z \\ b) \quad & I_f \leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una condotta principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- condotta che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della condotta principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).
- EC 60502-2 (6-30kV)
- IEC 61892-4 off-shore (fino a 30kV)

Il programma gestisce ulteriori tabelle, specifiche per alcuni paesi. L'elenco completo è disponibile nei Riferimenti normativi.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z\min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla I_z min. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1,45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1,45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

5.5 LE CONDUTTURE DIMENSIONATE CON QUESTO CRITERIO SONO, PERTANTO, PROTETTE CONTRO LE SOVRACORRENTI. INTEGRALE DI JOULE

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma CEI 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

- Cavo in rame e isolato in PVC: $K = 115$
- Cavo in rame e isolato in gomma G: $K = 135$
- Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7: $K = 143$
- Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: $K = 115$
- Cavo in rame serie L nudo: $K = 200$
- Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: $K = 115$
- Cavo in rame serie H nudo: $K = 200$



| | |
|---|---------|
| • Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 74 |
| • Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7: | K = 92 |
| I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B | |
| • Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 143 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 166 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: | K = 176 |
| • Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 143 |
| • Cavo in rame serie L nudo: | K = 228 |
| • Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 143 |
| • Cavo in rame serie H nudo: | K = 228 |
| • Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 95 |
| • Cavo in alluminio e isolato in gomma G: | K = 110 |
| • Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: | K = 116 |
| I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C: | |
| • Cavo in rame e isolato in PVC: | K = 115 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G: | K = 135 |
| • Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7: | K = 143 |
| • Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| • Cavo in rame serie L nudo: | K = 228 |
| • Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico: | K = 115 |
| • Cavo in rame serie H nudo: | K = 228 |
| • Cavo in alluminio e isolato in PVC: | K = 76 |
| • Cavo in alluminio e isolato in gomma G: | K = 89 |
| • Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7: | K = 94 |

5.6 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, possa avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm^2 ;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm^2 se il conduttore è in rame e a 25 mm^2 se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm^2 se conduttore in rame e 25 mm^2 se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;

- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

5.7 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della condotta di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² rame o 16 mm² alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² o 16 mm² alluminio se non è prevista una protezione meccanica.

È possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25 mm², se in rame;
- 35 mm², se in alluminio.

5.8 CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$
$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

5.9 CADUTE DI TENSIONE

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t.(I_b) = \max_{f=R,S,T} \left(\left| \sum_{i=1}^k Z_{f_i} \cdot I_{f_i} - Z_{h_i} \cdot I_{h_i} \right| \right)$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;

con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt} = 2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt} = 1,73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i

cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50 Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori AT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

5.10 TRASFORMATORI

All'interno dell'impianto in oggetto saranno presenti tre diverse tipologie di trasformatori:

- Trasformatore 36/0,4 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): tale configurazione è utilizzata in cabina di trasformazione 36 kV/BT con taglia pari a 250 kVA per l'alimentazione dei carichi ausiliari della cabina utente;
- Trasformatore 36/0,6 kV a tre avvolgimenti o a doppio secondario (Dy11y11): tale configurazione è utilizzata in cabina di campo 36 kV/BT con taglia fino a 3.300 kVA;
- Trasformatore BT/BT 0,6/0,4 kV (Dyn11): per l'alimentazione dei carichi ausiliari all'interno della cabina di campo 36 kV/BT con taglia fino a 50 kVA.

Tutti i trasformatori sopracitati saranno raffreddati a secco con avvolgimenti inglobati in resina epossidica e saranno autoestinguenti, resistenti alle variazioni climatiche e resistenti all'inquinamento atmosferico e all'umidità.

La taglia del trasformatore 36 kV/BT è stata scelta tenendo conto del dimensionamento degli inverter, della curva capability P-Q che l'impianto deve garantire, della potenza nominale del modulo fotovoltaico e del contributo di potenza dato dal modulo bifacciale in funzione dell'albedo.

5.11 TRASFORMATORI A DUE AVVOLGIMENTI

Se nella rete sono presenti dei trasformatori a due avvolgimenti, i dati di targa richiesti sono:

- potenza nominale P_n (in kVA);
- perdite di cortocircuito P_{cc} (in W);
- tensione di cortocircuito v_{cc} (in %)
- rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale I_{ir}/I_{rt} ;
- rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- tipo di collegamento;
- tensione nominale del primario V_1 (in kV);



- tensione nominale del secondario V_{02} (in V).

Dai dati di targa si possono ricavare le caratteristiche elettriche dei trasformatori, ovvero:

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in $m\Omega$:

$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in $m\Omega$:

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in $m\Omega$:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto Z_{vot}/Z_{cct} vale usualmente 10-20.

In uscita al trasformatore si otterranno pertanto i parametri alla sequenza diretta, in $m\Omega$:

$$Z_d = |Z_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

nella quale:

$$R_d = R_{cct}$$

$$X_d = X_{cct}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

Pertanto, se il trasformatore è collegato triangolo/stella (Dy), si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$



$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) avremmo:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

6. STUDIO DI CORTOCIRCUITO

6.1 STATO NEL NEUTRO DI IMPIANTO

Come già descritto nei paragrafi precedenti, l'impianto fotovoltaico sarà così configurato:

- **Livello 36 kV:** linea di connessione a 36 kV di collegamento nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN alla cabina di Smistamento e successivamente alle cabine di smistamento interne all'area di impianto (analizzata in specifico documento)
- Inoltre all'interno dell'area di impianto:
 - **Livello 36 kV:** Distribuzione interna a 36 kV a neutro isolato nei tratti compresi tra le cabine di Smistamento e le cabine di trasformazione 36 kV/BT (Power Station);
 - **Livello BT (AC):** Distribuzione fino a 1000 V_{ac} interna al campo fotovoltaico con distribuzione trifase + neutro TN-S.
 - **Livello BT:** Distribuzione a 1500 V_{dc} interna ai sottocampi con entrambi i poli isolati da terra (sistema flottante).

Le informazioni considerate in merito alla corrente di guasto verso terra 36 kV e al relativo tempo di intervento sono:

- Massima corrente di guasto trifase (I_k): < 25 kA
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto trifase: 0,2 s
- Massima corrente di guasto monofase verso terra (I_F): < 20 A (contributo capacitivo della AT assunto e che dovrà essere fornito dall'ente distributore)
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto monofase a terra: 0,9 s
- Contributo alla corrente di guasto verso terra delle linee AT interne all'impianto: trascurabile.

In merito alla risoluzione del guasto con il solo impianto di terra (che dovrebbe avere una resistenza di terra estremamente bassa) andranno verificate le tensioni di contatto per individuare le aree più a rischio dell'impianto.

6.2 CALCOLO DEI GUASTI 36 KV

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase-terra (disimmetrico);
- guasto fase-neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti dall'utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

6.3 CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo delle correnti di cortocircuito massime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0. Sono previste le seguenti condizioni generali:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto subtransitorio. Eventuale gestione della attenuazione della corrente per il guasto trifase 'vicino' alla sorgente.
- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- impedenza di guasto minima della rete, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dc} = \frac{R_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\alpha \cdot \Delta T)} \right)$$

dove ΔT è 50 o 70 °C e $\alpha = 0.004$ a 20 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dc} = \frac{X_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti dall'utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{db} = \frac{R_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{db} = \frac{X_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$\begin{aligned} R_{0cN} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{dcN} \\ X_{0cN} &= 3 \cdot X_{dc} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned} R_{0cPE} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE} \\ X_{0cPE} &= 3 \cdot X_{dc} \end{aligned}$$

dove le resistenze R_{dcN} e R_{dcPE} vengono calcolate come la R_{dc} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned} R_{0bN} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbN} \\ X_{0bN} &= 3 \cdot X_{db} \end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$\begin{aligned} R_{0bPE} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE} \\ X_{0bPE} &= X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db}) \end{aligned}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, dall'utenza a monte, espressi in mΩ:

$$\begin{aligned}R_d &= R_{dc} + R_{d-up} \\X_d &= X_{dc} + X_{d-up} \\R_{0N} &= R_{0cN} + R_{0N-up} \\X_{0N} &= X_{0cN} + X_{0N-up} \\R_{0PE} &= R_{0cPE} + R_{0PE-up} \\X_{0PE} &= X_{0cPE} + X_{0PE-up}\end{aligned}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire sbarra a cavo.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1N \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0N})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0N})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k \max}$, fase neutro $I_{k1N \max}$, fase terra $I_{k1PE \max}$ e bifase $I_{k2 \max}$ espresse in kA:

$$\begin{aligned}I_{k \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}} \\I_{k1N \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \min}} \\I_{k1PE \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}} \\I_{k2 \max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}\end{aligned}$$

Infine, dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti:

$$\begin{aligned}I_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max} \\I_{p1N} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1N \max} \\I_{p1PE} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max} \\I_{p2} &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}\end{aligned}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto, I_p può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al

paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente $k = 1.8$ che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

6.4 CALCOLO DELLE CORRENTI MINIME DI CORTOCIRCUITO

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0 par 7.1.2 per quanto riguarda:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori. Il contributo dei generatori è in regime permanente per i guasti trifasi 'vicini', mentre per i guasti 'lontani' o asimmetrici si considera il contributo subtransitorio;
- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione C_{min} , che può essere 0,95 se $C_{max} = 1,05$, oppure 0,90 se $C_{max} = 1,10$ (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore C_{min} è pari a 1.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

| Isolante | Cenelec R064-003 [°C] | CEI EN 60909-0 [°C] |
|-------------------|-----------------------|---------------------|
| PVC | 70 | 160 |
| G | 85 | 200 |
| G5/G7/G10/EPR | 90 | 250 |
| HEPR | 120 | 250 |
| serie L rivestito | 70 | 160 |
| serie L nudo | 105 | 160 |
| serie H rivestito | 70 | 160 |
| serie H nudo | 105 | 160 |

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d \max} = R_d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0N \max} = R_{0N} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0PE \max} = R_{0PE} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze massime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$

$$I_{k1N \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \max}}$$

$$I_{k1PE \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \max}}$$

$$I_{k2 \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

6.5 CALCOLO GUASTI BIFASE-NEUTRO E BIFASE-TERRA

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con Z_d la impedenza diretta della rete, con Z_i l'impedenza inversa, e con Z_0 l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito, Z_0 corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{Z_0 - \alpha Z_i}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_0 + Z_i \cdot Z_0} \right|$$

e la corrente di picco:

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

6.6 GUASTI MONOFASI A TERRA LINEE 36 KV

Calcolo correnti omopolari a seguito di guasto fase-terra in circuiti di media-alta tensione.

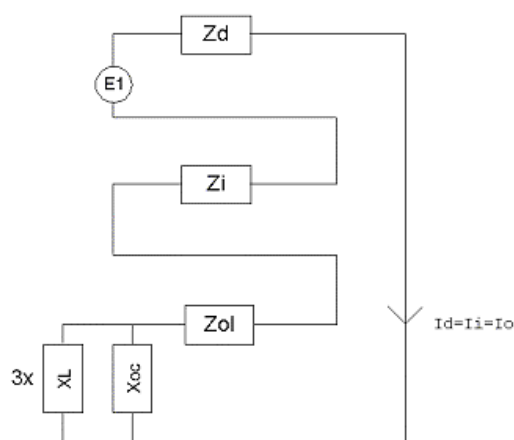
Il calcolo dei guasti a terra in reti di media e alta tensione coinvolge lo studio dell'effetto capacitivo della rete durante il regime di guasto.

Inoltre, le tecniche di determinazione delle linee guaste tramite relè varmetrici richiedono la conoscenza dei valori di corrente omopolare in funzione dei punti di guasto.

La nuova CEI 0-16 (e precedentemente la Enel DK5600), con l'introduzione del collegamento a terra del centro stella in media, richiede uno strumento per il dimensionamento della bobina di Petersen e il coordinamento delle protezioni degli utenti.

Per rispondere a tutte queste problematiche, Ampère Professional esegue il calcolo del regime di corrente omopolare a seguito di un guasto fase-terra.

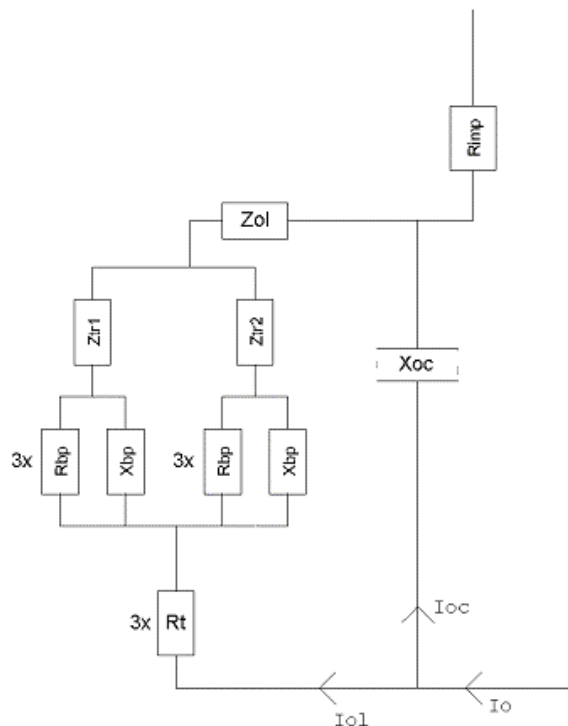
Il modello di calcolo delle correnti omopolari, seguendo la teoria delle sequenze dirette, inverse e omopolari, per un guasto fase-terra è il seguente:



Con Z_d e Z_i si intendono le impedenze alle sequenze diretta ed inversa.

Per il calcolo dell'impedenza omopolare occorre considerare più elementi (vedi figura in basso, esempio con due trasformatori in parallelo):

- Z_{ol}: impedenza omopolare del tratto di linea dal punto di guasto fino al trasformatore a monte;
- Z_{tr}: impedenza omopolare del trasformatore (vista a secondario);
- Z_{bp}: (R_{bp}+jX_{bp}) impedenza bobina di Petersen, costituita da un resistore ed una induttanza in parallelo;
- R_t: resistenza di terra punto di collegamento a terra del centro stella del trasformatore;
- R_{imp}: resistenza per guasto a terra non franco;
- X_{oc}: reattanza capacitiva di tutta la rete appartenente alla stessa zona dell'utenza guasta e a valle dello stesso trasformatore.



Nota: il valore di X_{oc} è praticamente lo stesso per qualsiasi punto di guasto. Riferimenti: Lezioni di Impianti elettrici di Antonio Paolucci (Dipartimento Energia Elettrica Università di Padova) e CEI 11-37.

Per calcolare con buona approssimazione la X_{oc} , si utilizzano le due formule:

$$I_g = \frac{3 \cdot E}{X_{oc}}$$

$$I_g = (0.003 \cdot L_1 + 0.2 \cdot L_2) \cdot V_{kV}$$

dove I_g è la corrente di guasto a terra calcolata considerando la sola reattanza capacitiva nella prima formula, mentre nella seconda è riportato il suo valore se si è a conoscenza delle lunghezze (in km) di rete aerea L_1 ed in cavo L_2 della rete in media. V_{kV} è il valore di tensione nominale concatenata espressa in kV.

Uguagliando le due formule, ed esplicitando per X_{oc} si ottiene:

$$X_{oc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^9}{(0.003 \cdot l_1 + 0.2 \cdot l_2)} \cdot \frac{f_0}{f}$$

con l_1 e l_2 espresse in metri, X_{oc} espressa in mohm, $f_0 = 50$ Hz e f la frequenza di lavoro.

Calcolata la corrente di guasto omopolare I_o , secondo lo schema riportato nella figura precedente, rispetto a tutti i punti di guasto (valle delle utenze), si deve calcolare come essa si ripartisce nella rete e quanta viene vista da ogni protezione omopolare 67N distribuita nella rete.

Per prima cosa la I_o va ripartita in due correnti: I_{oc} per la X_{oc} , l'altra (I_{ol}) per il centro stella del trasformatore attraverso la bobina di Petersen.

Poi, la I_{ol} viene suddivisa tra gli eventuali trasformatori in parallelo, proporzionalmente alla potenza.

La I_{oc} , essendo la corrente capacitiva che si richiude attraverso le capacità della rete, va suddivisa tra le utenze in cavo o aeree in media proporzionalmente alla capacità di ognuna (condensatori in parallelo).

Per ora non si tiene conto dei fattori di riduzione relativi a funi di guardia delle linee elettriche aeree e degli schermi metallici dei cavi sotterranei.

Tali fattori determinerebbero una riduzione della corrente I_{oc} e I_{ol} in quanto esisterebbe una terza componente nella I_o che si richiude attraverso questi elementi.

6.7 SCELTA DELLE PROTEZIONI

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dall'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza $I_{km\ max}$;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ($I_{mag\ max}$).

6.8 VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ia);
- $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come Ib).

Le intersezioni sono due:

- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.
- L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti K^2S^2 e la I_z dello stesso.

La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

6.9 VERIFICA DI SELETTIVITÀ

È verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente I_a di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).

Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).

Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di

protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

Per la scelta delle protezioni in cabina di consegna si rimanda allo schema unifilare (2748_5286_SSPAL_VIA_T19_Rev0_Schema elettrico unifilare impianto FV).

6.10 MASSIMA LUNGHEZZA PROTETTA A 36 kV

Il calcolo della massima lunghezza protetta viene eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{ctocto} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L_{max\ prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetta in base ad essa.

Pertanto:

$$L_{max\ prot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

Dove:

- U: è la tensione concatenata per il neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- ρ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- I_{mag} : taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

- 0.9 per sezioni di 120 mm²;
- 0.85 per sezioni di 150 mm²;
- 0.8 per sezioni di 185 mm²;
- 0.75 per sezioni di 240 mm²;

Per ulteriori dettagli vedi norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti

7. CALCOLO PRELIMINARE IMPIANTO DI TERRA

Lo scopo di questa sezione è riportare un calcolo preliminare del sistema di terra relativo all'impianto fotovoltaico 22 MWp, connesso alla rete di distribuzione. Sarà realizzato un nuovo impianto di terra che nel suo complesso dovrà risultare un unico elemento equipotenziale in tutti i suoi punti, perciò tutte le strutture e parti metalliche presenti nel sito dovranno essere connesse ad esso contemporaneamente.

7.1 DEFINIZIONI

- **Elettrodo ausiliario di terra:** elettrodo di terra con determinati vincoli progettuali/operativi. La sua funzione primaria può essere diversa dal condurre le correnti di guasto verso terra;
- **Elettrodo di terra:** conduttore interrato e usato per disperdere le correnti di guasto verso terra;
- **Elettrodo di terra primario:** elettrodo di terra progettato o adattato per scaricare le correnti di guasto verso terra secondo precisi profili di scarica richiesti (anche in maniera implicita) dal progetto di impianto;
- **Ground mat:** piastra metallica solida o sistema di conduttori nudi ravvicinati interconnessi tra loro e posizionati a basse profondità al di sopra di una rete di terra esistente al fine di introdurre una misura di protezione aggiuntiva, minimizzando il pericolo di esposizione a gradienti di tensione troppo elevati in luoghi in cui è segnalata un'elevata presenza di persone. Tipologie comuni di ground mat prevedono l'installazione di griglie metalliche sopra la superficie del terreno o immediatamente sotto la superficie;
- **Ground potential rise (GPR):** è il massimo potenziale che può instaurarsi tra la rete di terra e un punto posto a una certa distanza identificato come terra remota. Tale potenziale è calcolato attraverso il prodotto tra la massima corrente di guasto verso terra e la resistenza di terra del sistema. In condizioni normali, le apparecchiature elettriche messe a terra funzionano con un potenziale rispetto a quello della terra remota praticamente nullo; durante un guasto a terra, la parte di corrente di guasto dispersa verso terra provoca un aumento del potenziale del sistema di terra rispetto alla terra remota;
- **Rete di terra:** sistema orizzontale di elettrodi di terra che consiste in un numero di sbarre conduttrici interrate interconnesse fra loro. Fornisce un riferimento di tensione comune per dispositivi elettrici e strutture metalliche; inoltre limita i gradienti di tensione per tutta l'estensione della stessa. Normalmente la rete orizzontale è integrata con un certo numero di picchetti di terra e con gli elettrodi ausiliari di terra al fine di ridurre ulteriormente la resistenza totale di terra;
- **Sistema di terra:** comprende tutte le strutture di terra interconnesse in una specifica area;
- **Tensione di contatto:** differenza di potenziale tra il GPR e il potenziale del punto o superficie in cui una persona è contemporaneamente in piedi e a contatto con una struttura messa a terra;
- **Tensione di contatto metal-to-metal:** differenza di potenziale che si può creare tra due oggetti o strutture metalliche di cui una persona può entrare a contatto contemporaneamente con mani o piedi;
- **Tensione di maglia:** è la massima tensione che si può instaurare all'interno di una maglia della rete di terra;
- **Tensioni di passo:** La differenza di potenziale in un tratto convenzionale di un metro corrispondente alla distanza che una persona può colmare con i piedi senza.

7.2 INFORMAZIONI

L'impianto fotovoltaico sarà così configurato ed avrà i seguenti livelli di tensione ed i relativi stati del neutro:

- **Livello 36 kV:** Distribuzione interna a 36 kV a neutro isolato nei tratti compresi tra le cabine di Smistamento e le Power Station 36 kV/BT;
- **Livello BT (AC):** Distribuzione fino a 1000 Vac interna ai sottocampi con distribuzione trifase + neutro TN-S.
- **Livello BT:** Distribuzione a 1500 Vdc interna ai sottocampi con entrambi i poli isolati da terra (sistema flottante).

Le informazioni considerate in merito alla corrente di guasto verso terra 36 kV e al relativo tempo di intervento sono:

- Massima corrente di guasto trifase (I_k): < 25 kA
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto trifase: 0,2 s
- Massima corrente di guasto monofase verso terra (I_G): < 20 A (contributo capacitivo della AT, valore assunto e da confermare da parte dell'ente distributore)
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto monofase a terra: > 0,9 s
- In merito alla risoluzione del guasto con il solo impianto di terra (che dovrebbe avere una resistenza di terra estremamente bassa) andranno verificate le tensioni di contatto per individuare le aree più a rischio dell'impianto.

La resistività del terreno alla profondità di posa dell'impianto di terra dovrà essere determinata nelle successive fasi progettuali attraverso un'indagine geotecnica; verrà ipotizzato per il sito in esame un valore di resistività pari a circa 200 Ω m

Considerando i dati citati, il tempo di intervento impone un limite al massimo gradiente di tensione interno al sito pari a 50 V per un tempo di guasto a terra > 10 s (CEI EN 50522, Fig.4).

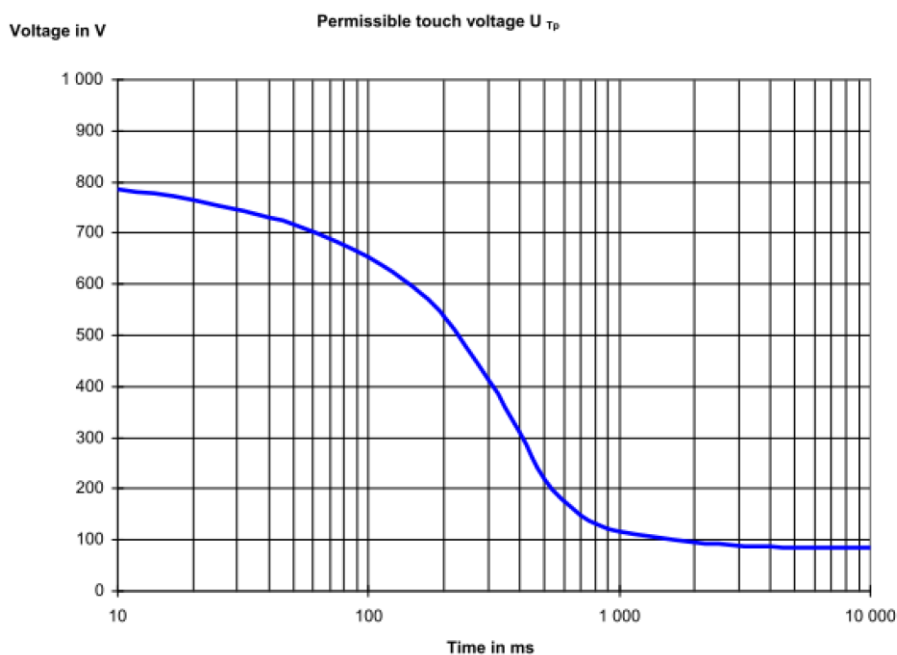


Figura 7.1: Massima tensione ammissibile (CEI EN 50522, Fig.4).

Tale limite, confrontato con la tensione totale di terra U_T (cioè con il GPR) impone una resistenza di terra minima di progetto R_T per la risoluzione dei guasti AT di:

$$R_T = U_T / I_G = 50 / 20 = 2,5 \Omega$$

Data la resistività del terreno considerata stimata, pari a $200 \Omega\text{m}$ e data la ridotta estensione dell'area di impianto, dovrà essere valutata la resistenza di terra affinché tale valore risulti inferiore a tale limite.

7.3 TIPOLOGIA DI DISPERSORI DI TERRA

Si riportano di seguito le formule utilizzate per il calcolo della resistenza di terra di diversi dispersori, nelle quali si tiene conto del tipo di terreno.

Impostata la resistività ρ del terreno, per ogni tipo di dispersore si devono inserire i parametri che lo definiscono.

Parametri:

- lunghezza L ;
- raggio del picchetto a ;
- distanza tra picchetti d ;
- profondità s ;
- raggio del filo a ;
- raggio anello r ;
- raggio piastra r ;
- lunghezze lati dispersori rettangolari a , b ;
- numero conduttori per lato n_a , n_b .

Tipologie di dispersori:

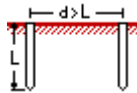
1. Picchetto verticale



per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a = a' / 2$.

$$R_T = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} - 1 \right)$$

2. Due picchetti verticali

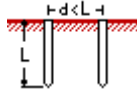


per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a = a' / 2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot d} \cdot \left(1 - \frac{L^2}{3 \cdot d^2} + \frac{2 \cdot L^4}{5 \cdot d^4} \dots \right)$$

La formula ha il vincolo: $d > L$.

3. Due picchetti verticali vicini

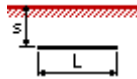


per avere a, il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} + \ln \frac{4 \cdot L}{d} - 2 + \frac{d}{2 \cdot L} - \frac{d^2}{16 \cdot L^2} + \frac{d^4}{512 \cdot L^4} \dots \right)$$

Vincolo: $d < L$.

4. Dispensore lineare



per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

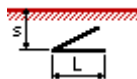
per avere L, il valore L' inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $L=L'/2$;

per avere a, il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} + \ln \frac{4 \cdot L}{s} - 2 + \frac{s}{2 \cdot L} - \frac{s^2}{16 \cdot L^2} + \frac{s^4}{512 \cdot L^4} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L'$.

5. Dispensore angolare



per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

per avere a, il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \cdot \frac{s}{L} + 0.1035 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$

6. Stella a tre punte



per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

per avere a, il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{6 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 1.071 - 0.209 \cdot \frac{s}{L} + 0.238 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

7. Stella a quattro punte

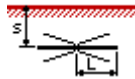


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;
per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{8 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 2.912 - 1.071 \cdot \frac{s}{L} + 0.645 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

8. Stella a sei punte

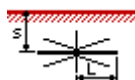


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;
per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{12 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 6,851 - 3.128 \cdot \frac{s}{L} + 1.758 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

9. Stella a otto punte

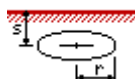


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;
per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{16 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{a} + \ln \frac{2 \cdot L}{s} + 10.98 - 5.51 \cdot \frac{s}{L} + 3.26 \cdot \frac{s^2}{L^2} \dots \right)$$

Vincolo: $s' < L$.

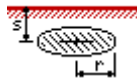
10. Dispersore ad anello



per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2*s'$;
 per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

$$R_T = \frac{\rho}{4 \cdot \pi^2 \cdot r} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot r}{a} + \ln \frac{8 \cdot r}{s} \right)$$

11. Piastra rotonda orizzontale

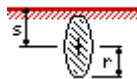


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2*s'$;

$$R_T = \frac{\rho}{8 \cdot r} + \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot s} \cdot \left(1 - \frac{7}{12} \frac{r^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{r^4}{s^4} \dots \right)$$

Vincolo: $r < 2*s'$.

12. Piastra rotonda verticale

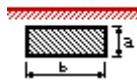


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2*s'$.

$$R_T = \frac{\rho}{8 \cdot r} + \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot s} \cdot \left(1 + \frac{7}{24} \frac{r^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{r^4}{s^4} \dots \right)$$

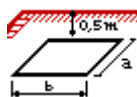
Vincolo: $r < s'$.

13. Piastra rettangolare verticale



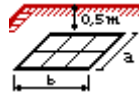
$$R_T = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{a \cdot b}}$$

14. Dispersore ad anello rettangolare



$$R_T = \frac{\rho}{a + b}$$

15. Maglia rettangolare



$$R_T = \rho \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot r} + \frac{1}{\Sigma I} \right)$$

con

$\Sigma I = nb \cdot b + na \cdot a$ lunghezza totale dei conduttori costituenti la rete.

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

(I riferimenti bibliografici delle formule sono: Lorenzo Fellin, Complementi di impianti elettrici, CUSL; M. Montalbetti, L'impianto di messa a terra, Editoriale Delfino, Milano)

7.4 CALCOLI DELL'ESTENSIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA

Il nuovo impianto fotovoltaico si estenderà su una superficie di circa 27,69 ettari recintati.

A servizio dello stesso verrà realizzato un nuovo impianto di terra, pertanto prima di procedere alla realizzazione dello stesso, occorrerà verificare la natura del suolo e la resistività.

Quest'ultima è influenzata da diversi fattori quali:

- Tipo di terreno,
- Stratificazione;
- Temperatura;
- Composizione chimica e concentrazione di sali disciolti;
- Presenza di metalli e/o tubazioni in cls;
- Umidità del terreno.

L'obiettivo ideale è ottenere una resistenza di terra tale per cui qualsiasi guasto verso terra interno all'impianto non generi tensioni pericolose per le persone.

Si è stimata una resistività del terreno pari a 200 Ωm

L'estensione dell'impianto di terra dovrà essere realizzata attraverso una griglia di dispersori disposti orizzontalmente e chiusi ad anello; tale griglia dovrà ricoprire l'intera area di impianto.

Il dispersore utilizzato dovrà essere corda di rame nuda con una sezione minima pari a:

$$S_{min} = \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{K_c^2}} = \sqrt{\frac{20^2 \cdot 10}{228^2}} \lll 35 \text{ mm}^2$$

Dove:

- I è la massima corrente di guasto verso terra lato AT espressa in Ampère;
- t è il tempo di intervento della protezione 36 kV in secondi
- K_c è il coefficiente per conduttori nudi non in contatto con materiali danneggiabili (per range di temperatura 30-500°C);

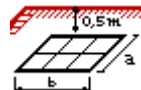
Sebbene S_{min} risulti molto piccola, in questa fase di progettazione preliminare, si è scelta una sezione minima 50 mm^2 .

Per la posa dei dispersori verrà sfruttato il passaggio cavi 36 kV e BT interno all'impianto; l'area di impianto così magliata, dovrà essere poi chiusa ad anello.

Verranno collegati alla rete di terra anche i pali delle strutture tracker. In riferimento alla recinzione tutti i tratti che ricadono all'interno della maglia di terra globale dovranno essere collegati a terra; i tratti esterni alla maglia globale andranno invece isolati da terra. In tali tratti deve essere garantita una distanza minima tra recinzione e struttura di sostegno dei moduli di almeno 5 metri.

Al completamento dell'impianto andrà valutata la resistenza tra le parti e/o strutture metalliche non direttamente connesse a terra e la terra stessa: se tali resistenze sono inferiori ai 1000Ω allora occorre collegare tali parti e/o strutture all'impianto di terra.

Considerando l'estensione delle 12 sezioni di impianto e la lunghezza dei suoi lati, si è stimato il seguente valore di resistenza di terra impiegando un dispersore di tipo magliato secondo la seguente relazione:


$$R_T = \rho \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot r} + \frac{1}{\Sigma I} \right) \quad r = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}}$$

Tale calcolo, riferito alla fase definitiva di progetto, andrà eseguito in fase costruttiva facendo le dovute verifiche e misure in loco. A valle di quest'ultima e della realizzazione dell'impianto andranno in ogni caso eseguiti i rilievi delle tensioni di contatto all'interno dell'area al fine di individuare le aree soggette a maggior rischio (presenza di gradienti di tensione elevati).

7.5 RISOLUZIONE GUASTO 36 kV

La distribuzione 36 kV essendo a neutro isolato permette di avere correnti di guasto verso terra ridotte rispetto al livello di tensione 36 kV (dell'ordine delle centinaia di ampere).

L'impianto di terra dovrà essere realizzato in modo da garantire un valore di resistenza di terra pari a circa $R_t = 0,080 \Omega$ e che il guasto sia risolto dall'interruttore in un tempo $> 10 \text{ s}$, al massimo gradiente di tensione interno al sito pari a 50 V (CEI EN 50522, Fig.4) il guasto verso terra lato 36 kV è risolto se la massima corrente di guasto verso terra dovrà essere mantenuto inferiore a:

$$I_g = 50/0,080 = \text{circa } 600 \text{ A}$$

Dove 50 V è la massima tensione ammissibile per un tempo pari superiore a 10 s e $0,080 \Omega$ è la resistenza di terra R_t posta come obiettivo di qualità.

La corrente massima di guasto calcolata risulta in linea con la corrente di guasto capacitiva massima ipotizzata, quale unica componente presente in un sistema a neutro isolato.

Infatti, una circostanza di guasto AT verso terra genera correnti capacitive che costituiscono un sistema equilibrato, genericamente di valore modesto, ma proporzionali al tipo e alla lunghezza della linea, cavo o aerea oltre alla tensione di linea.

Tipicamente la corrente ordinaria capacitiva I_{gcavo} per linee in cavo è data dalla formula

$$I_{gcavo} = V * 0,2 * L_{cavo}$$

- V = tensione nominale della rete (kV)
- L_{cavo} = lunghezza totale delle linee in cavo (km). (connessione + interne al campo fotovoltaico): circa $7,5 \text{ km}$

Pertanto nel caso in esame il contributo capacitivo della corrente di guasto sarà pari a circa 300 A .

Tale valore è inferiore a 600 A stimati, pertanto il guasto verso terra lato 36 kV risulta risolto.

Rimane confermata la necessità di effettuare la verifica delle tensioni di contatto su tutte le masse presenti in impianto con resistenza verso terra superiore a 1000 Ω .

In relazione all'ipotesi di guasto, gli schermi dei cavi 36 kV dovranno essere messi a terra nel rispetto delle norme CEI.

7.6 RISOLUZIONE GUASTO BT (AC CURRENT)

La distribuzione BT in corrente alternata prevede la porzione di impianto compresa tra il trasformatore 36 kV/BT e gli inverter distribuiti all'interno del campo fotovoltaico. Il trasformatore presente in cabina ha il centro stella del livello BT messo a terra, perciò le condizioni sono analoghe al livello di tensione 36 kV con correnti di guasto verso terra elevate e non risolvibili dall'impianto di terra. Pertanto, al fine di garantire la protezione delle persone da tensioni potenzialmente pericolose occorre, prima della messa in esercizio dell'impianto, procedere con le misure di contatto, per l'identificazione delle zone d'impianto potenzialmente più a rischio e sviluppare una configurazione TN-S di impianto; in questo caso il guasto verso terra verrà risolto se l'impedenza dell'anello di guasto moltiplicata per la massima corrente di guasto che l'interruttore può interrompere entro 5 s risulta inferiore alla tensione massima ammissibile U_T .

7.7 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI

Le misure di protezione mediante isolamento delle parti attive e mediante involucri o barriere sono intese a fornire una protezione totale contro i contatti diretti.

La protezione del suddetto tipo di contatto sarà quindi assicurata dai provvedimenti seguenti:

- copertura completa delle parti attive a mezzo di isolamento rimovibile solo con la distruzione di quest'ultimo;
- parti attive poste dentro involucri tali da assicurare il grado di protezione adeguato al tipo di ambiente in cui sono installate.

La protezione dai contatti indiretti avrà come principio base l'interruzione automatica dell'alimentazione e, pertanto, il collegamento equipotenziale di tutte le masse metalliche che, per un difetto dell'isolamento primario possano assumere un potenziale pericoloso ($U_T > 50$ V), unitamente all'estinzione del guasto tramite apertura del dispositivo di protezione a monte della zona in cui si è manifestato il guasto. A tal fine occorre che il valore della resistenza di terra e l'intervento del dispositivo di protezione siano tra loro coordinati affinché l'estinzione del guasto avvenga entro i limiti previsti dalle norme vigenti in materia.

La protezione contro i contatti indiretti, pur essendo eseguibile mediante impiego di dispositivi a massima corrente in quanto gli impianti sono realizzati con tipologia distributiva TN-S verrà comunque realizzata - al fine di rendere ancora più tempestivi gli interventi delle protezioni - mediante l'installazione di dispositivi a corrente differenziale installati a monte delle linee terminali e la connessione all'impianto di terra esistente. I conduttori di protezione saranno collegati all'impianto di terra globale mediante installazione di un conduttore PE che dalle barre di terra dei quadri collegherà tali masse e le masse estranee ivi presenti al collettore di terra generale di cabina.

La protezione contro i contatti indiretti in caso di guasto a terra nei sistemi di distribuzione TN-S è prevista con collegamento a terra delle masse e interruttori differenziali ad alta sensibilità (0,03 A, 0,3 A, 0,5 A), al fine di rispettare le condizioni di sicurezza indicata dalle norme CEI 64-8 in 413.1.4.2.

7.8 RISOLUZIONE GUASTO BT (DC CURRENT)

Nella distribuzione DC (dal modulo fino all'inverter) è previsto un sistema con entrambi i poli flottanti (sistema isolato); il primo guasto verso terra è conseguentemente a corrente nulla. Nel caso in cui il primo guasto non fosse rilevato e si verificasse un secondo guasto verso terra, si creerebbero correnti



di guasto verso terra dell'ordine di svariati kA, non risolvibili dall'impianto di terra in quanto sarebbe necessaria una resistenza di terra AT molto bassa, difficilmente raggiungibile.

Pertanto, al fine di proteggere il sistema e limitare le tensioni di contatto (indicate nella CEI EN 50522) entrambi i poli DC di tutte le stringhe dovranno monitorati costantemente attraverso un controllo dell'isolamento verso terra. Tale controllo avviene attraverso due soglie di allarme:

Una prima soglia (normalmente impostata intorno ai 30 k Ω) al di sotto della quale verrà prodotto un segnale di allarme al sistema SCADA;

Una seconda soglia (normalmente impostata intorno ai 10 k Ω) al di sotto del quale verranno prodotti un segnale di allarme al sistema SCADA e un allarme visibile e udibile in control room.

Il sistema di controllo dell'isolamento deve essere operativo sempre e in ogni condizione.

Secondo l'indicazione degli standard, il primo guasto deve essere chiaramente segnalato e dev'essere tempestivamente risolto; nel caso in cui si verifichi un secondo guasto devono intervenire necessariamente i fusibili lato DC per la protezione dell'impianto contro le sovracorrenti.



8. SCARICHE ATMOSFERICHE

Per la verifica della protezione dell'impianto in oggetto contro le sovratensioni di origine atmosferica deve essere effettuata una valutazione del rischio che tiene conto di:

- Numero all'anno di fulmini su una determinate struttura o area;
- Probabilità che tale evento possa causare danni;
- Danno economico medio in relazione ai danni avvenuti.

La valutazione del rischio è quindi influenzata dalla tipologia di impianto di riferimento e dalle apparecchiature presenti al suo interno.

L'impianto in questione è composto quasi interamente da strutture metalliche collegate direttamente all'impianto di terra, per questo motivo il rischio da fulminazione è minimo. La configurazione dell'impianto adottata prevede l'utilizzo a tutti i livelli di tensione di scaricatori per la protezione dell'impianto contro le sovratensioni. L'impianto pertanto è definito autoprotetto.



9. ESTRATTO DI CALCOLO 36 kV E BT

Si riporta di seguito l'estratto di calcolo elettrico eseguito con il software "Ampère" by Electrographic.

Identificazione

Sigla utenza: **+QGSC.CS SEZ.C-GENERALE CABINA**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 19800 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 19800 kW | Pot. trasferita a monte: | 19800 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 317,5 A | Potenza totale: | 124708 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 104908 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 25 kA | Ik2min: | 19,7 kA |
| Ikv max a valle: | 25 kA | Ik1ftmax: | 8,77 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 7976 A | Ip1ft: | 21,7 kA |
| Ik max: | 25 kA | Ik1ftmin: | 7,98 kA |
| Ip: | 61,7 kA | Zk min: | 914,5 mohm |
| Ik min: | 22,7 kA | Zk max: | 914,5 mohm |
| Ik2ftmax: | 22,1 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 54,6 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 19,4 kA | Zk1ftmin: | 2606 mohm |
| Ik2max: | 21,7 kA | Zk1ftmax: | 2606 mohm |
| Ip2: | 53,5 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 2000 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+QGSC.CS SEZ.C-RAMO 1**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 9900 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 9900 kW | Pot. trasferita a monte: | 9900 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 158,8 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 5688 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Cavi

| | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| Formazione: | 3x(1x240) | | |
| Tipo posa: | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | |
| Disposizione posa: | | | |
| Designazione cavo: | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | | |
| Isolante (fase+neutro+PE): | XLPE | Coefficiente di declassamento totale: | 0,75 |
| Tabella posa: | CEI 11-17 (Utente 1) | K ² S ² conduttore fase: | 4,875*10⁸ A²s |
| Materiale conduttore: | ALLUMINIO | Caduta di tensione parziale a Ib: | 0,031 % |
| Lunghezza linea: | 250 m | Caduta di tensione totale a Ib: | 0,031 % |
| Corrente ammissibile Iz: | 279 A (Archivio) | Temperatura ambiente: | 30 °C |
| Corrente ammissibile neutro: | n.d. | Temperatura cavo a Ib: | 49,4 °C |
| Coefficiente di prossimità: | 1 (Numero circuiti: 2) | Temperatura cavo a In: | 78,2 °C |
| Coefficiente di temperatura: | 1 | Coordinamento Ib<=In<=Iz: | 158,8<=250<=279 A |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 25 kA | Ik2min: | 19,1 kA |
| Ikv max a valle: | 24,2 kA | Ik1ftmax: | 8,82 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8013 A | Ip1ft: | 21,7 kA |
| Ik max: | 24,2 kA | Ik1ftmin: | 8,01 kA |
| Ip: | 61,7 kA | Zk min: | 943,1 mohm |
| Ik min: | 22 kA | Zk max: | 944 mohm |
| Ik2ftmax: | 21,5 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 54,6 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 18,7 kA | Zk1ftmin: | 2593 mohm |
| Ik2max: | 21 kA | Zk1ftmax: | 2594 mohm |
| Ip2: | 53,5 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51-51N) | Taratura differenziale: | 0 A |
| Corrente nominale protez.: | 250 A | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | Norma: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+QGSC.CS SEZ.C-RAMO 2**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 9900 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 9900 kW | Pot. trasferita a monte: | 9900 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 158,8 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 5688 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Cavi

| | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| Formazione: | 3x(1x240) | | |
| Tipo posa: | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | |
| Disposizione posa: | | | |
| Designazione cavo: | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | | |
| Isolante (fase+neutro+PE): | XLPE | Coefficiente di declassamento totale: | 0,75 |
| Tabella posa: | CEI 11-17 (Utente 1) | K ² S ² conduttore fase: | 4,875*10⁸ A²s |
| Materiale conduttore: | ALLUMINIO | Caduta di tensione parziale a Ib: | 0,061 % |
| Lunghezza linea: | 500 m | Caduta di tensione totale a Ib: | 0,061 % |
| Corrente ammissibile Iz: | 279 A (Archivio) | Temperatura ambiente: | 30 °C |
| Corrente ammissibile neutro: | n.d. | Temperatura cavo a Ib: | 49,4 °C |
| Coefficiente di prossimità: | 1 (Numero circuiti: 2) | Temperatura cavo a In: | 78,2 °C |
| Coefficiente di temperatura: | 1 | Coordinamento Ib<=In<=Iz: | 158,8<=250<=279 A |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 25 kA | Ik2min: | 18,5 kA |
| Ikv max a valle: | 23,5 kA | Ik1ftmax: | 8,86 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8050 A | Ip1ft: | 21,7 kA |
| Ik max: | 23,5 kA | Ik1ftmin: | 8,05 kA |
| Ip: | 61,7 kA | Zk min: | 972,3 mohm |
| Ik min: | 21,3 kA | Zk max: | 974,4 mohm |
| Ik2ftmax: | 20,9 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 54,6 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 18,1 kA | Zk1ftmin: | 2580 mohm |
| Ik2max: | 20,4 kA | Zk1ftmax: | 2582 mohm |
| Ip2: | 53,5 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51-51N) | Taratura differenziale: | 0 A |
| Corrente nominale protez.: | 250 A | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | Norma: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C1.2-ARRIVO**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 9900 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 9900 kW | Pot. trasferita a monte: | 9900 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 158,8 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 5688 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 24,2 kA | Ik2min: | 19,1 kA |
| Ikv max a valle: | 24,2 kA | Ik1ftmax: | 8,82 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8013 A | Ip1ft: | 21,1 kA |
| Ik max: | 24,2 kA | Ik1ftmin: | 8,01 kA |
| Ip: | 58,1 kA | Zk min: | 943,1 mohm |
| Ik min: | 22 kA | Zk max: | 944 mohm |
| Ik2ftmax: | 21,5 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 51,6 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 18,7 kA | Zk1ftmin: | 2593 mohm |
| Ik2max: | 21 kA | Zk1ftmax: | 2594 mohm |
| Ip2: | 50,3 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 780 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C1.2-PARTENZA |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | | |
| Potenza nominale: | 6600 kW | Sistema distribuzione: | Alta |
| Coefficiente: | 1 | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza dimensionamento: | 6600 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Corrente di impiego Ib: | 105,8 A | Pot. trasferita a monte: | 6600 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | Potenza disponibile: | 8988 kVA |

Cavi

| | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| Formazione: | 3x(1x240) | | |
| Tipo posa: | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | |
| Disposizione posa: | | | |
| Designazione cavo: | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | | |
| Isolante (fase+neutro+PE): | XLPE | Coefficiente di declassamento totale: | 0,75 |
| Tabella posa: | CEI 11-17 (Utente 1) | K ² S ² conduttore fase: | 4,875*10⁸ A²s |
| Materiale conduttore: | ALLUMINIO | Caduta di tensione parziale a Ib: | 0,029 % |
| Lunghezza linea: | 350 m | Caduta di tensione totale a Ib: | 0,059 % |
| Corrente ammissibile Iz: | 279 A (Archivio) | Temperatura ambiente: | 30 °C |
| Corrente ammissibile neutro: | n.d. | Temperatura cavo a Ib: | 38,6 °C |
| Coefficiente di prossimità: | 1 (Numero circuiti: 2) | Temperatura cavo a In: | 78,2 °C |
| Coefficiente di temperatura: | 1 | Coordinamento Ib<=In<=Iz: | 105,8<=250<=279 A |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 24,2 kA | Ik2min: | 18,2 kA |
| Ikv max a valle: | 23,2 kA | Ik1ftmax: | 8,88 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8064 A | Ip1ft: | 21,1 kA |
| Ik max: | 23,2 kA | Ik1ftmin: | 8,06 kA |
| Ip: | 58,1 kA | Zk min: | 984 mohm |
| Ik min: | 21,1 kA | Zk max: | 986,8 mohm |
| Ik2ftmax: | 20,7 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 51,6 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 17,8 kA | Zk1ftmin: | 2574 mohm |
| Ik2max: | 20,1 kA | Zk1ftmax: | 2577 mohm |
| Ip2: | 50,3 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 250 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|--|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C1.2-TRASFORMATORE |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Terminale generica | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Coefficiente: | 1 | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Potenza totale: | 3741 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza disponibile: | 441,2 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Numero carichi utenza: | 1 |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |
| Sistema distribuzione: | Alta | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|-------------------|
| I _{km} max a monte: | 24,2 kA | I _{k2min} : | 19,1 kA |
| I _{kv} max a valle: | 24,2 kA | I _{k1ftmax} : | 8,82 kA |
| I _{magmax} (magnetica massima): | 8013 A | I _{p1ft} : | 21,1 kA |
| I _k max: | 24,2 kA | I _{k1ftmin} : | 8,01 kA |
| I _p : | 58,1 kA | Z _k min: | 943,1 mohm |
| I _k min: | 22 kA | Z _k max: | 944 mohm |
| I _{k2ftmax} : | 21,5 kA | Z _{k2} min: | 0 mohm |
| I _{p2ft} : | 51,6 kA | Z _{k2} max: | 0 mohm |
| I _{k2ftmin} : | 18,7 kA | Z _{k1ftmin} : | 2593 mohm |
| I _{k2max} : | 21 kA | Z _{k1ftmax} : | 2594 mohm |
| I _{p2} : | 50,3 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 60 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C1.4-ARRIVO**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 9900 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 9900 kW | Pot. trasferita a monte: | 9900 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 158,8 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 5688 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 23,5 kA | Ik2min: | 18,5 kA |
| Ikv max a valle: | 23,5 kA | Ik1ftmax: | 8,86 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8050 A | Ip1ft: | 20,7 kA |
| Ik max: | 23,5 kA | Ik1ftmin: | 8,05 kA |
| Ip: | 54,9 kA | Zk min: | 972,3 mohm |
| Ik min: | 21,3 kA | Zk max: | 974,4 mohm |
| Ik2ftmax: | 20,9 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 48,9 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 18,1 kA | Zk1ftmin: | 2580 mohm |
| Ik2max: | 20,4 kA | Zk1ftmax: | 2582 mohm |
| Ip2: | 47,6 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 780 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C1.4-PARTENZA |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| Distribuzione generica | | | |
|--------------------------|----------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | 6600 kW | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 1 | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 6600 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 105,8 A | Pot. trasferita a monte: | 6600 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 1 | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 36000 V | Potenza disponibile: | 8988 kVA |
| Tensione nominale: | | | |

Cavi

| | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| Formazione: | 3x(1x240) | | |
| Tipo posa: | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | |
| Disposizione posa: | | | |
| Designazione cavo: | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | | |
| Isolante (fase+neutro+PE): | XLPE | Coefficiente di declassamento totale: | 0,75 |
| Tabella posa: | CEI 11-17 (Utente 1) | K ² S ² conduttore fase: | 4,875*10⁸ A²s |
| Materiale conduttore: | ALLUMINIO | Caduta di tensione parziale a Ib: | 0,061 % |
| Lunghezza linea: | 750 m | Caduta di tensione totale a Ib: | 0,122 % |
| Corrente ammissibile Iz: | 279 A (Archivio) | Temperatura ambiente: | 30 °C |
| Corrente ammissibile neutro: | n.d. | Temperatura cavo a Ib: | 38,6 °C |
| Coefficiente di prossimità: | 1 (Numero circuiti: 2) | Temperatura cavo a In: | 78,2 °C |
| Coefficiente di temperatura: | 1 | Coordinamento Ib<=In<=Iz: | 105,8<=250<=279 A |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Ikm max a monte: | 23,5 kA | Ik2min: | 16,8 kA |
| Ikv max a valle: | 21,5 kA | Ik1ftmax: | 8,99 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8153 A | Ip1ft: | 20,7 kA |
| Ik max: | 21,5 kA | Ik1ftmin: | 8,15 kA |
| Ip: | 54,9 kA | Zk min: | 1062 mohm |
| Ik min: | 19,4 kA | Zk max: | 1070 mohm |
| Ik2ftmax: | 19,3 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 48,9 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 16,3 kA | Zk1ftmin: | 2542 mohm |
| Ik2max: | 18,6 kA | Zk1ftmax: | 2549 mohm |
| Ip2: | 47,6 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 250 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C1.4-TRASFORMATORE**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Terminale generica | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Coefficiente: | 1 | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Potenza totale: | 3741 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza disponibile: | 441,2 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Numero carichi utenza: | 1 |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |
| Sistema distribuzione: | Alta | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|-------------------|
| I _{km} max a monte: | 23,5 kA | I _{k2min} : | 18,5 kA |
| I _{kv} max a valle: | 23,5 kA | I _{k1ftmax} : | 8,86 kA |
| I _{magmax} (magnetica massima): | 8050 A | I _{p1ft} : | 20,7 kA |
| I _k max: | 23,5 kA | I _{k1ftmin} : | 8,05 kA |
| I _p : | 54,9 kA | Z _k min: | 972,3 mohm |
| I _k min: | 21,3 kA | Z _k max: | 974,4 mohm |
| I _{k2ftmax} : | 20,9 kA | Z _{k2} min: | 0 mohm |
| I _{p2ft} : | 48,9 kA | Z _{k2} max: | 0 mohm |
| I _{k2ftmin} : | 18,1 kA | Z _{k1ftmin} : | 2580 mohm |
| I _{k2max} : | 20,4 kA | Z _{k1ftmax} : | 2582 mohm |
| I _{p2} : | 47,6 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 60 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C1.1-ARRIVO**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 6600 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 6600 kW | Pot. trasferita a monte: | 6600 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 105,8 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 8988 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| Ikm max a monte: | 23,2 kA | Ik2min: | 18,2 kA |
| Ikv max a valle: | 23,2 kA | Ik1ftmax: | 8,88 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8064 A | Ip1ft: | 20,5 kA |
| Ik max: | 23,2 kA | Ik1ftmin: | 8,06 kA |
| Ip: | 53,7 kA | Zk min: | 984 mohm |
| Ik min: | 21,1 kA | Zk max: | 986,8 mohm |
| Ik2ftmax: | 20,7 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 47,9 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 17,8 kA | Zk1ftmin: | 2574 mohm |
| Ik2max: | 20,1 kA | Zk1ftmax: | 2577 mohm |
| Ip2: | 46,5 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 780 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C1.1-PARTENZA |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| Distribuzione generica | | | |
|--------------------------|----------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | 3300 kW | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 1 | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 12288 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Cavi

| | | | |
|------------------------------|---|--|---|
| Formazione: | 3x(1x240) | | |
| Tipo posa: | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | |
| Disposizione posa: | | | |
| Designazione cavo: | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | | |
| Isolante (fase+neutro+PE): | XLPE | Coefficiente di declassamento totale: | 0,75 |
| Tabella posa: | CEI 11-17 (Utente 1) | K ² S ² conduttore fase: | 4,875*10⁸A²s |
| Materiale conduttore: | ALLUMINIO | Caduta di tensione parziale a Ib: | 0,02 % |
| Lunghezza linea: | 500 m | Caduta di tensione totale a Ib: | 0,079 % |
| Corrente ammissibile Iz: | 279 A (Archivio) | Temperatura ambiente: | 30 °C |
| Corrente ammissibile neutro: | n.d. | Temperatura cavo a Ib: | 32,2 °C |
| Coefficiente di prossimità: | 1 (Numero circuiti: 2) | Temperatura cavo a In: | 78,2 °C |
| Coefficiente di temperatura: | 1 | Coordinamento Ib<=In<=Iz: | 52,9<=250<=279 A |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Ikm max a monte: | 23,2 kA | Ik2min: | 17,1 kA |
| Ikv max a valle: | 21,9 kA | Ik1ftmax: | 8,97 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8133 A | Ip1ft: | 20,5 kA |
| Ik max: | 21,9 kA | Ik1ftmin: | 8,13 kA |
| Ip: | 53,7 kA | Zk min: | 1044 mohm |
| Ik min: | 19,8 kA | Zk max: | 1050 mohm |
| Ik2ftmax: | 19,6 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 47,9 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 16,6 kA | Zk1ftmin: | 2549 mohm |
| Ik2max: | 19 kA | Zk1ftmax: | 2555 mohm |
| Ip2: | 46,5 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 250 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C1.1-TRASFORMATORE**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Terminale generica | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Coefficiente: | 1 | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Potenza totale: | 3741 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza disponibile: | 441,2 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Numero carichi utenza: | 1 |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |
| Sistema distribuzione: | Alta | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|-------------------|
| I _{km} max a monte: | 23,2 kA | I _{k2min} : | 18,2 kA |
| I _{kv} max a valle: | 23,2 kA | I _{k1ftmax} : | 8,88 kA |
| I _{magmax} (magnetica massima): | 8064 A | I _{p1ft} : | 20,5 kA |
| I _k max: | 23,2 kA | I _{k1ftmin} : | 8,06 kA |
| I _p : | 53,7 kA | Z _k min: | 984 mohm |
| I _k min: | 21,1 kA | Z _k max: | 986,8 mohm |
| I _{k2ftmax} : | 20,7 kA | Z _{k2} min: | 0 mohm |
| I _{p2ft} : | 47,9 kA | Z _{k2} max: | 0 mohm |
| I _{k2ftmin} : | 17,8 kA | Z _{k1ftmin} : | 2574 mohm |
| I _{k2max} : | 20,1 kA | Z _{k1ftmax} : | 2577 mohm |
| I _{p2} : | 46,5 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 60 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C2.1-ARRIVO**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 6600 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 6600 kW | Pot. trasferita a monte: | 6600 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 105,8 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 8988 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Ikm max a monte: | 21,5 kA | Ik2min: | 16,8 kA |
| Ikv max a valle: | 21,5 kA | Ik1ftmax: | 8,99 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8153 A | Ip1ft: | 19,7 kA |
| Ik max: | 21,5 kA | Ik1ftmin: | 8,15 kA |
| Ip: | 47 kA | Zk min: | 1062 mohm |
| Ik min: | 19,4 kA | Zk max: | 1070 mohm |
| Ik2ftmax: | 19,3 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 42,3 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 16,3 kA | Zk1ftmin: | 2542 mohm |
| Ik2max: | 18,6 kA | Zk1ftmax: | 2549 mohm |
| Ip2: | 40,7 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 780 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C2.1-PARTENZA |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | | |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Sistema distribuzione: | Alta |
| Coefficiente: | 1 | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | Potenza disponibile: | 12288 kVA |

Cavi

| | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| Formazione: | 3x(1x240) | | |
| Tipo posa: | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | |
| Disposizione posa: | | | |
| Designazione cavo: | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | | |
| Isolante (fase+neutro+PE): | XLPE | Coefficiente di declassamento totale: | 0,75 |
| Tabella posa: | CEI 11-17 (Utente 1) | K ² S ² conduttore fase: | 4,875*10⁸ A²s |
| Materiale conduttore: | ALLUMINIO | Caduta di tensione parziale a Ib: | 0,033 % |
| Lunghezza linea: | 800 m | Caduta di tensione totale a Ib: | 0,155 % |
| Corrente ammissibile Iz: | 279 A (Archivio) | Temperatura ambiente: | 30 °C |
| Corrente ammissibile neutro: | n.d. | Temperatura cavo a Ib: | 32,2 °C |
| Coefficiente di prossimità: | 1 (Numero circuiti: 2) | Temperatura cavo a In: | 78,2 °C |
| Coefficiente di temperatura: | 1 | Coordinamento Ib<=In<=Iz: | 52,9<=250<=279 A |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Ikm max a monte: | 21,5 kA | Ik2min: | 15,3 kA |
| Ikv max a valle: | 19,7 kA | Ik1ftmax: | 9,13 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8250 A | Ip1ft: | 19,7 kA |
| Ik max: | 19,7 kA | Ik1ftmin: | 8,25 kA |
| Ip: | 47 kA | Zk min: | 1162 mohm |
| Ik min: | 17,7 kA | Zk max: | 1177 mohm |
| Ik2ftmax: | 17,9 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 42,3 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 14,6 kA | Zk1ftmin: | 2505 mohm |
| Ik2max: | 17 kA | Zk1ftmax: | 2519 mohm |
| Ip2: | 40,7 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 250 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|--|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C2.1-TRASFORMATORE |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Terminale generica | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Coefficiente: | 1 | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Potenza totale: | 3741 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza disponibile: | 441,2 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Numero carichi utenza: | 1 |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |
| Sistema distribuzione: | Alta | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------|
| I _{km} max a monte: | 21,5 kA | I _{k2min} : | 16,8 kA |
| I _{kv} max a valle: | 21,5 kA | I _{k1ftmax} : | 8,99 kA |
| I _{magmax} (magnetica massima): | 8153 A | I _{p1ft} : | 19,7 kA |
| I _k max: | 21,5 kA | I _{k1ftmin} : | 8,15 kA |
| I _p : | 47 kA | Z _k min: | 1062 mohm |
| I _k min: | 19,4 kA | Z _k max: | 1070 mohm |
| I _{k2ftmax} : | 19,3 kA | Z _{k2} min: | 0 mohm |
| I _{p2ft} : | 42,3 kA | Z _{k2} max: | 0 mohm |
| I _{k2ftmin} : | 16,3 kA | Z _{k1ftmin} : | 2542 mohm |
| I _{k2max} : | 18,6 kA | Z _{k1ftmax} : | 2549 mohm |
| I _{p2} : | 40,7 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 60 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

Sigla utenza: **+SEZIONE C.POWER STATION C1.3-ARRIVO**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 12288 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Ikm max a monte: | 21,9 kA | Ik2min: | 17,1 kA |
| Ikv max a valle: | 21,9 kA | Ik1ftmax: | 8,97 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8133 A | Ip1ft: | 19,8 kA |
| Ik max: | 21,9 kA | Ik1ftmin: | 8,13 kA |
| Ip: | 48,4 kA | Zk min: | 1044 mohm |
| Ik min: | 19,8 kA | Zk max: | 1050 mohm |
| Ik2ftmax: | 19,6 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 43,4 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 16,6 kA | Zk1ftmin: | 2549 mohm |
| Ik2max: | 19 kA | Zk1ftmax: | 2555 mohm |
| Ip2: | 42 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 780 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C1.3-PARTENZA |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | Distribuzione generica | |
|--------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 0 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 0 kW | Pot. trasferita a monte: | 0 kVA |
| Potenza reattiva: | 0 kVAR | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 0 A | Potenza disponibile: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 0,9 | | |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------|
| I _{km} max a monte: | 21,9 kA | I _{k2min} : | 17,1 kA |
| I _{kv} max a valle: | 21,9 kA | I _{k1ftmax} : | 8,97 kA |
| I _{magmax} (magnetica massima): | 8133 A | I _{p1ft} : | 19,8 kA |
| I _k max: | 21,9 kA | I _{k1ftmin} : | 8,13 kA |
| I _p : | 48,4 kA | Z _k min: | 1044 mohm |
| I _k min: | 19,8 kA | Z _k max: | 1050 mohm |
| I _{k2ftmax} : | 19,6 kA | Z _{k2} min: | 0 mohm |
| I _{p2ft} : | 43,4 kA | Z _{k2} max: | 0 mohm |
| I _{k2ftmin} : | 16,6 kA | Z _{k1ftmin} : | 2549 mohm |
| I _{k2max} : | 19 kA | Z _{k1ftmax} : | 2555 mohm |
| I _{p2} : | 42 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 275 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|--|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C1.3-TRASFORMATORE |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | Terminale generica | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Coefficiente: | 1 | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Potenza totale: | 3741 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza disponibile: | 441,2 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Numero carichi utenza: | 1 |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |
| Sistema distribuzione: | Alta | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------|
| Ik _m max a monte: | 21,9 kA | Ik _{2min} : | 17,1 kA |
| Ik _v max a valle: | 21,9 kA | Ik _{1ftmax} : | 8,97 kA |
| Imag _{max} (magnetica massima): | 8133 A | Ip _{1ft} : | 19,8 kA |
| Ik max: | 21,9 kA | Ik _{1ftmin} : | 8,13 kA |
| Ip: | 48,4 kA | Zk min: | 1044 mohm |
| Ik min: | 19,8 kA | Zk max: | 1050 mohm |
| Ik _{2ftmax} : | 19,6 kA | Zk ₂ min: | 0 mohm |
| Ip _{2ft} : | 43,4 kA | Zk ₂ max: | 0 mohm |
| Ik _{2ftmin} : | 16,6 kA | Zk _{1ftmin} : | 2549 mohm |
| Ik _{2max} : | 19 kA | Zk _{1ftmax} : | 2555 mohm |
| Ip ₂ : | 42 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 60 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C2.2-ARRIVO |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Distribuzione generica | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Potenza disponibile: | 12288 kVA |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| Ikm max a monte: | 19,7 kA | Ik2min: | 15,3 kA |
| Ikv max a valle: | 19,7 kA | Ik1ftmax: | 9,13 kA |
| Imagmax (magnetica massima): | 8250 A | Ip1ft: | 18,9 kA |
| Ik max: | 19,7 kA | Ik1ftmin: | 8,25 kA |
| Ip: | 40,8 kA | Zk min: | 1162 mohm |
| Ik min: | 17,7 kA | Zk max: | 1177 mohm |
| Ik2ftmax: | 17,9 kA | Zk2 min: | 0 mohm |
| Ip2ft: | 37 kA | Zk2 max: | 0 mohm |
| Ik2ftmin: | 14,6 kA | Zk1ftmin: | 2505 mohm |
| Ik2max: | 17 kA | Zk1ftmax: | 2519 mohm |
| Ip2: | 35,3 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 780 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|---|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C2.2-PARTENZA |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | Distribuzione generica | |
|--------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | | Sistema distribuzione: | Alta |
| Potenza nominale: | 0 kW | Collegamento fasi: | 3F |
| Coefficiente: | 1 | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Potenza dimensionamento: | 0 kW | Pot. trasferita a monte: | 0 kVA |
| Potenza reattiva: | 0 kVAR | Potenza totale: | 15588 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 0 A | Potenza disponibile: | 15588 kVA |
| Fattore di potenza: | 0,9 | | |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------|
| I _{km} max a monte: | 19,7 kA | I _{k2min} : | 15,3 kA |
| I _{kv} max a valle: | 19,7 kA | I _{k1ftmax} : | 9,13 kA |
| I _{magmax} (magnetica massima): | 8250 A | I _{p1ft} : | 18,9 kA |
| I _k max: | 19,7 kA | I _{k1ftmin} : | 8,25 kA |
| I _p : | 40,8 kA | Z _k min: | 1162 mohm |
| I _k min: | 17,7 kA | Z _k max: | 1177 mohm |
| I _{k2ftmax} : | 17,9 kA | Z _{k2} min: | 0 mohm |
| I _{p2ft} : | 37 kA | Z _{k2} max: | 0 mohm |
| I _{k2ftmin} : | 14,6 kA | Z _{k1ftmin} : | 2505 mohm |
| I _{k2max} : | 17 kA | Z _{k1ftmax} : | 2519 mohm |
| I _{p2} : | 35,3 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Corrente nominale protez.: | 275 A | Corrente sovraccarico Ins: | 250 A |
| Numero poli: | 3 | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Classe d'impiego: | n.d. | Norma: | n.d. |

Identificazione

| | |
|---------------------------------|--|
| Sigla utenza: | +SEZIONE C.POWER STATION C2.2-TRASFORMATORE |
| Denominazione 1: | |
| Denominazione 2: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 1: | |
| Informazioni aggiuntive/Note 2: | |

Utenza

| | | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| Tipologia utenza: | Terminale generica | Collegamento fasi: | 3F |
| Potenza nominale: | 3300 kW | Frequenza ingresso: | 50 Hz |
| Coefficiente: | 1 | Pot. trasferita a monte: | 3300 kVA |
| Potenza dimensionamento: | 3300 kW | Potenza totale: | 3741 kVA |
| Corrente di impiego Ib: | 52,9 A | Potenza disponibile: | 441,2 kVA |
| Fattore di potenza: | 1 | Numero carichi utenza: | 1 |
| Tensione nominale: | 36000 V | | |
| Sistema distribuzione: | Alta | | |

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

| | | | |
|--|----------------|------------------------|------------------|
| Ik _m max a monte: | 19,7 kA | Ik _{2min} : | 15,3 kA |
| Ik _v max a valle: | 19,7 kA | Ik _{1ftmax} : | 9,13 kA |
| Im _g max (magnetica massima): | 8250 A | Ip _{1ft} : | 18,9 kA |
| Ik max: | 19,7 kA | Ik _{1ftmin} : | 8,25 kA |
| Ip: | 40,8 kA | Zk min: | 1162 mohm |
| Ik min: | 17,7 kA | Zk max: | 1177 mohm |
| Ik _{2ftmax} : | 17,9 kA | Zk ₂ min: | 0 mohm |
| Ip _{2ft} : | 37 kA | Zk ₂ max: | 0 mohm |
| Ik _{2ftmin} : | 14,6 kA | Zk _{1ftmin} : | 2505 mohm |
| Ik _{2max} : | 17 kA | Zk _{1ftmax} : | 2519 mohm |
| Ip ₂ : | 35,3 kA | | |

Protezione

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Tipo protezione: | I(50-51) | Potere di interruzione PdI: | n.d. |
| Corrente nominale protez.: | 60 A | Norma: | n.d. |
| Numero poli: | 3 | | |
| Classe d'impiego: | n.d. | | |

Tipo di fornitura: **Alta tensione**

Tensione di fornitura: **36 kV**

Corrente di cortocircuito trifase massima: **25 kA**

Corrente di cortocircuito monofase a terra massima: **6 kA**

Parametri elettrici

Potenza totale assorbita: **19800 kW**

Fattore di potenza: **1**

Corrente totale di impiego: **317,5 A**

Potenza carichi collegati [kW]: **19800 kW**

Parametri di guasto lato fornitura

Rd a 20°C: **91 mohm**



Xd: **910 mohm**

R0 a 20°C: **955,5 mohm**


X0: **-9555 mohm**

| Utenza | Formazione | Materiale | Lc [m] | Iz [A] | T (Ib) [°C] | Tamb [°C] | CdtT (Ib) [%] | Posa cavo |
|--------|--------------|-----------|--------|---------|-------------|--|---------------|-----------|
| | Designazione | Isolante | Pross. | k decl. | T (In) [°C] | K ² S ² F [A ² s] | CdtT (In) [%] | |
| | Tab. posa | Tipo posa | | | | | | |


QGSC CS SEZ.C

| | | | | | | | | |
|--------|----------------------------|---|-----|------|------|-----------------------|-------|---|
| RAMO 1 | 3x(1x240) | ALLUMINIO | 250 | 279 | 49,4 | 30 | 0,031 |  |
| | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | XLPE | 2 | 0,75 | 78,2 | 4,875*10 ⁸ | 0,048 | |
| | CEI 11-17 (Utente 1) | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | | | | | |
| RAMO 2 | 3x(1x240) | ALLUMINIO | 500 | 279 | 49,4 | 30 | 0,061 |  |
| | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | XLPE | 2 | 0,75 | 78,2 | 4,875*10 ⁸ | 0,096 | |
| | CEI 11-17 (Utente 1) | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | | | | | |


SEZIONE C POWER STATION C1.2

| | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|---|-----|------|------|-----------------------|-------|---|
| PARTENZA | 3x(1x240) | ALLUMINIO | 350 | 279 | 38,6 | 30 | 0,059 |  |
| | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | XLPE | 2 | 0,75 | 78,2 | 4,875*10 ⁸ | 0,115 | |
| | CEI 11-17 (Utente 1) | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | | | | | |

SEZIONE C POWER STATION C1.4


| | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|---|-----|------|------|-----------------------|-------|---|
| PARTENZA | 3x(1x240) | ALLUMINIO | 750 | 279 | 38,6 | 30 | 0,122 |  |
| | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | XLPE | 2 | 0,75 | 78,2 | 4,875*10 ⁸ | 0,241 | |
| | CEI 11-17 (Utente 1) | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | | | | | |

SEZIONE C POWER STATION C1.1

| | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|---|-----|------|------|-----------------------|-------|---|
| PARTENZA | 3x(1x240) | ALLUMINIO | 500 | 279 | 32,2 | 30 | 0,079 |  |
| | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | XLPE | 2 | 0,75 | 78,2 | 4,875*10 ⁸ | 0,212 | |
| | CEI 11-17 (Utente 1) | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | | | | | |

| Utenza | Formazione | Materiale | Lc [m] | Iz [A] | T (Ib) [°C] | Tamb [°C] | CdtT (Ib) [%] | Posa cavo |
|--------|--------------|-----------|--------|---------|-------------|--------------|---------------|-----------|
| | Designazione | Isolante | Pross. | k decl. | T (In) [°C] | K²S² F [A²s] | CdtT (In) [%] | |
| | Tab. posa | Tipo posa | | | | | | |

SEZIONE C POWER STATION C2.1

| | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|---|-----|------|------|-----------------------|-------|---|
| PARTENZA | 3x(1x240) | ALLUMINIO | 800 | 279 | 32,2 | 30 | 0,155 |  |
| | ARE4H5E AL 20.8/36kV 240mm | XLPE | 2 | 0,75 | 78,2 | 4,875*10 ⁸ | 0,395 | |
| | CEI 11-17 (Utente 1) | L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio) | | | | | | |

| Utenza | Ikm max [kA] | /_Ikm max | Ikm max by | DeltaIkm max [kA] | Ikv max [kA] | Ik1ftmax [kA] | Ip1ft [kA] | Ik1ftmin [kA] | Ik2ftmax [kA] | Ip2ft [kA] | Ik2ftmin [kA] |
|--------|--------------|-----------|-------------|-------------------|--------------|---------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| | Imagmax [A] | /_Imagmax | Ik max [kA] | Ip [kA] | Ik min [kA] | Ik1fnmax [kA] | Ip1fn [kA] | Ik1fnmin [kA] | Ik2max [kA] | Ip2 [kA] | Ik2min [kA] |

QGSC CS SEZ.C

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GENERALE CABINA | 25 | 0,1 | n.c. | 0 | 25 | 8,77 | 21,7 | 7,98 | 22,1 | 54,6 | 19,4 |
| | 7976 | 0,145 | 25 | 61,7 | 22,7 | | | | 21,7 | 53,5 | 19,7 |
| RAMO 1 | 25 | 0,1 | n.c. | 0 | 24,2 | 8,82 | 21,7 | 8,01 | 21,5 | 54,6 | 18,7 |
| | 8013 | 0,159 | 24,2 | 61,7 | 22 | | | | 21 | 53,5 | 19,1 |
| RAMO 2 | 25 | 0,1 | n.c. | 0 | 23,5 | 8,86 | 21,7 | 8,05 | 20,9 | 54,6 | 18,1 |
| | 8050 | 0,172 | 23,5 | 61,7 | 21,3 | | | | 20,4 | 53,5 | 18,5 |

SEZIONE C POWER STATION C1.2

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARRIVO | 24,2 | 0,123 | n.c. | 0 | 24,2 | 8,82 | 21,1 | 8,01 | 21,5 | 51,6 | 18,7 |
| | 8013 | 0,159 | 24,2 | 58,1 | 22 | | | | 21 | 50,3 | 19,1 |
| PARTENZA | 24,2 | 0,123 | n.c. | 0 | 23,2 | 8,88 | 21,1 | 8,06 | 20,7 | 51,6 | 17,8 |
| | 8064 | 0,177 | 23,2 | 58,1 | 21,1 | | | | 20,1 | 50,3 | 18,2 |
| TRASFORMATORE | 24,2 | 0,123 | n.c. | 0 | 24,2 | 8,82 | 21,1 | 8,01 | 21,5 | 51,6 | 18,7 |
| | 8013 | 0,159 | 24,2 | 58,1 | 22 | | | | 21 | 50,3 | 19,1 |

SEZIONE C POWER STATION C1.4

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARRIVO | 23,5 | 0,145 | n.c. | 0 | 23,5 | 8,86 | 20,7 | 8,05 | 20,9 | 48,9 | 18,1 |
| | 8050 | 0,172 | 23,5 | 54,9 | 21,3 | | | | 20,4 | 47,6 | 18,5 |
| PARTENZA | 23,5 | 0,145 | n.c. | 0 | 21,5 | 8,99 | 20,7 | 8,15 | 19,3 | 48,9 | 16,3 |
| | 8153 | 0,211 | 21,5 | 54,9 | 19,4 | | | | 18,6 | 47,6 | 16,8 |
| TRASFORMATORE | 23,5 | 0,145 | n.c. | 0 | 23,5 | 8,86 | 20,7 | 8,05 | 20,9 | 48,9 | 18,1 |
| | 8050 | 0,172 | 23,5 | 54,9 | 21,3 | | | | 20,4 | 47,6 | 18,5 |

| Utenza | Ikm max [kA] | /_Ikm max | Ikm max by | DeltaIkm max [kA] | Ikv max [kA] | Ik1ftmax [kA] | Ip1ft [kA] | Ik1ftmin [kA] | Ik2ftmax [kA] | Ip2ft [kA] | Ik2ftmin [kA] |
|--------|--------------|-----------|-------------|-------------------|--------------|---------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| | Imagmax [A] | /_Imagmax | Ik max [kA] | Ip [kA] | Ik min [kA] | Ik1fnmax [kA] | Ip1fn [kA] | Ik1fnmin [kA] | Ik2max [kA] | Ip2 [kA] | Ik2min [kA] |

SEZIONE C POWER STATION C1.1

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARRIVO | 23,2 | 0,153 | n.c. | 0 | 23,2 | 8,88 | 20,5 | 8,06 | 20,7 | 47,9 | 17,8 |
| | 8064 | 0,177 | 23,2 | 53,7 | 21,1 | | | | 20,1 | 46,5 | 18,2 |
| PARTENZA | 23,2 | 0,153 | n.c. | 0 | 21,9 | 8,97 | 20,5 | 8,13 | 19,6 | 47,9 | 16,6 |
| | 8133 | 0,203 | 21,9 | 53,7 | 19,8 | | | | 19 | 46,5 | 17,1 |
| TRASFORMATORE | 23,2 | 0,153 | n.c. | 0 | 23,2 | 8,88 | 20,5 | 8,06 | 20,7 | 47,9 | 17,8 |
| | 8064 | 0,177 | 23,2 | 53,7 | 21,1 | | | | 20,1 | 46,5 | 18,2 |

SEZIONE C POWER STATION C2.1

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| ARRIVO | 21,5 | 0,203 | n.c. | 0 | 21,5 | 8,99 | 19,7 | 8,15 | 19,3 | 42,3 | 16,3 |
| | 8153 | 0,211 | 21,5 | 47 | 19,4 | | | | 18,6 | 40,7 | 16,8 |
| PARTENZA | 21,5 | 0,203 | n.c. | 0 | 19,7 | 9,13 | 19,7 | 8,25 | 17,9 | 42,3 | 14,6 |
| | 8250 | 0,255 | 19,7 | 47 | 17,7 | | | | 17 | 40,7 | 15,3 |
| TRASFORMATORE | 21,5 | 0,203 | n.c. | 0 | 21,5 | 8,99 | 19,7 | 8,15 | 19,3 | 42,3 | 16,3 |
| | 8153 | 0,211 | 21,5 | 47 | 19,4 | | | | 18,6 | 40,7 | 16,8 |

SEZIONE C POWER STATION C1.3

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARRIVO | 21,9 | 0,193 | n.c. | 0 | 21,9 | 8,97 | 19,8 | 8,13 | 19,6 | 43,4 | 16,6 |
| | 8133 | 0,203 | 21,9 | 48,4 | 19,8 | | | | 19 | 42 | 17,1 |
| PARTENZA | 21,9 | 0,193 | n.c. | 0 | 21,9 | 8,97 | 19,8 | 8,13 | 19,6 | 43,4 | 16,6 |
| | 8133 | 0,203 | 21,9 | 48,4 | 19,8 | | | | 19 | 42 | 17,1 |
| TRASFORMATORE | 21,9 | 0,193 | n.c. | 0 | 21,9 | 8,97 | 19,8 | 8,13 | 19,6 | 43,4 | 16,6 |
| | 8133 | 0,203 | 21,9 | 48,4 | 19,8 | | | | 19 | 42 | 17,1 |

| Utenza | Ikm max [kA] | /_Ikm max | Ikm max by | DeltaIkm max [kA] | Ikv max [kA] | Ik1ftmax [kA] | Ip1ft [kA] | Ik1ftmin [kA] | Ik2ftmax [kA] | Ip2ft [kA] | Ik2ftmin [kA] |
|--------|--------------|-----------|-------------|-------------------|--------------|---------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| | Imagmax [A] | /_Imagmax | Ik max [kA] | Ip [kA] | Ik min [kA] | Ik1fnmax [kA] | Ip1fn [kA] | Ik1fnmin [kA] | Ik2max [kA] | Ip2 [kA] | Ik2min [kA] |

SEZIONE C POWER STATION C2.2

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARRIVO | 19,7 | 0,255 | n.c. | 0 | 19,7 | 9,13 | 18,9 | 8,25 | 17,9 | 37 | 14,6 |
| | 8250 | 0,255 | 19,7 | 40,8 | 17,7 | | | | 17 | 35,3 | 15,3 |
| PARTENZA | 19,7 | 0,255 | n.c. | 0 | 19,7 | 9,13 | 18,9 | 8,25 | 17,9 | 37 | 14,6 |
| | 8250 | 0,255 | 19,7 | 40,8 | 17,7 | | | | 17 | 35,3 | 15,3 |
| TRASFORMATORE | 19,7 | 0,255 | n.c. | 0 | 19,7 | 9,13 | 18,9 | 8,25 | 17,9 | 37 | 14,6 |
| | 8250 | 0,255 | 19,7 | 40,8 | 17,7 | | | | 17 | 35,3 | 15,3 |