



MAGGIO 2023

SOLAR INVEST 2 S.r.l.
IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 29,15 MW

COMUNE DI TROIA (FG)

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO
INTEGRATO AGRIVOLTAICO

Relazione calcolo preliminare
impianti

Progettista

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

Codice elaborato

*2748_5287_TRLAR_VIA_R08_Rev0_Relazione calcolo preliminare
impianti*

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_5287_TRLAR_VIA_R08_Rev0_Relazione calcolo preliminare impianti	05/2023	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	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	
Matteo Cuda	Naturista	
Graziella Cusmano	Architetto	
Laura Brioschi	Pianificatore territoriale	Ordine Arch. Bergamo n. 3144
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Vincenzo Ferrante	Ingegnere strutturista	Ordine Ingegneri Siracusa n.2216
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382



Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Felice Stoico	Archeologo	
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521



INDICE

1	PREMESSA	6
2	IDENTIFICAZIONE DELL'INTERVENTO	7
3	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	9
3.1	LAYOUT D'IMPIANTO.....	10
3.2	CONFIGURAZIONE IMPIANTO.....	11
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	14
4.1	NORME DI RIFERIMENTO PER LA BASSA TENSIONE	14
4.2	NORME DI RIFERIMENTO PER LA CONNESSIONE A 36 KV	15
5	CALCOLO PRELIMARE ELETTRICO	16
5.1	ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE	16
5.2	CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	16
5.3	ARMONICHE	17
5.4	DIMENSIONAMENTO CAVI	18
5.5	INTEGRALE DI JOULE.....	19
5.6	DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO	20
5.7	DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE	20
5.8	CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI.....	21
5.9	CADUTE DI TENSIONE	21
5.9.1	Trasformatori a due avvolgimenti.....	23
5.9.2	Trasformatori a tre avvolgimenti	24
5.9.3	Fattori di correzione per generatori e trasformatori (EN 60909-0).....	25
5.9.4	Fattori di correzione per trasformatori (EN 60909-0 par. 6.3.3)	25
5.9.5	Fattori di correzione per generatori sincroni (EN 60909-0 par. 6.6.1)	26
5.9.6	Fattore di correzione per gruppi di produzione con regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.1).....	26
5.9.7	Fattore di correzione per gruppi di produzione senza regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.2).....	27
6	STUDIO DI CORTOCIRCUITO	28
6.1	STATO DEL NEUTRO DI IMPIANTO.....	28
6.2	CALCOLO DEI GUASTI	28
6.2.1	Calcolo delle correnti massime di cortocircuito.....	28
6.2.2	Calcolo delle correnti minime di cortocircuito.....	31
6.2.3	Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra	32
6.3	SCELTA DELLE PROTEZIONI	32
6.3.1	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	32
6.3.2	Verifica di selettività	33
6.4	FUNZIONAMENTO IN SOCCORSO	34
7	CALCOLO PRELIMINARE IMPIANTO DI TERRA	35
7.1	DEFINIZIONI	35
7.2	INFORMAZIONI PRELIMINARI	35
7.3	TIPOLOGIA DI DISPERSORI DI TERRA.....	37



7.4	CALCOLI DELL'ESTENSIONE DELL'IMPIANTO DI TERRA	41
7.4.1	Analisi della rete di terra	41
7.4.2	Risoluzione Guasto 36 kV	42
7.4.3	Risoluzione guasto BT (AC current).....	43
7.4.4	Protezione contro i contatti diretti ed indiretti.....	43
7.4.5	Risoluzione guasto BT (DC current)	43
8	SCARICHE ATMOSFERICHE	45



1 PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, attraverso la società di scopo Solar Invest 2 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico in alcuni terreni a Sud-Ovest del territorio comunale di Foggia e nel territorio comunale di Troia di potenza pari a 29,15 MW su un'area catastale di circa 60 ettari complessivi di cui circa 32,87 ettari recintati.

Solar Invest 2 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 9,00 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 28 moduli (Tipo 1) e l'altra da 14 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 70,33% mentre la LAOR (percentuale di superficie ricoperta dai moduli) è pari al 37,64%.

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Deliceto - Foggia".

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

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

Il calcolo elettrico sviluppato tiene conto della massima potenza AC erogabile dall'impianto pari a circa 26,400 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 impianto saranno poste n. 2 cabine elettriche di smistamento a 36 kV e 9 cabine "Power Station", 5 cabine guardiania e controllo e 5 magazzini.

2 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Troia, in Provincia di Foggia. L'area di progetto è divisa in 5 sezioni, le sezioni poste a 13 km a Ovest dal comune di Foggia.

L'area è posta tra la strada statale SS20 e la strada provinciale SP116.

L'area di progetto presenta un'estensione complessiva catastale pari a circa 60 ettari ed un'area recintata pari a 32,87 ettari.



Figura 2.1 – Posizione dell'area di progetto a scala nazionale, provinciale e comunale nel territorio



Figura 2.2 - Localizzazione dell'area d'intervento. In rosso le sottoaree di progetto.

L'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Deliceto - Foggia".

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 “2748_5287_TRLAR_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 29,15 MW è costituito da:

- n.2 cabine di smistamento a livello di tensione 36 kV. In queste cabine confluiranno tutti i cavi (con isolamento fino a 42 kV) provenienti dalle diverse cabine di campo (Power Station): dalle cabine di smistamento partiranno 2 linee di connessione verso la cabina di sezionamento non oggetto della presente progettazione posizionata prima della connessione alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Deliceto - Foggia"; detta connessione verrà realizzata mediante una linea interrata a 36 kV. Nella stessa area all'interno delle cabine sarà presente il quadro QMT contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 9 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa tensione a livello di tensione 36 kV; 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;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate 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.

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

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

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici 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_5287_TRLAR_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_5287_TRLAR_VIA_T17_Rev0_Percorso cavi 36 kV"
- "2748_5287_TRLAR_VIA_T18_Rev0_Rete di terra"

3.1 LAYOUT D'IMPIANTO

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

- rispetto dei confini dei siti disponibili;
- posizione delle strutture di sostegno con geometria a matrice in modo da ridurre i tempi di esecuzione;
- disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila verticale;
- interfila tra le schiere calcolate al fine di evitare fenomeni di ombreggiamento;
- numero di cabine pari al numero di sottocampi per normalizzare l'allestimento;
- zona di rispetto per l'ombreggiamento dovuto ai locali tecnici;
- zona di rispetto per l'ombreggiamento dovuto ostacoli esistenti;
- zona di rispetto dai canali di raccolta acque;
- area storage.

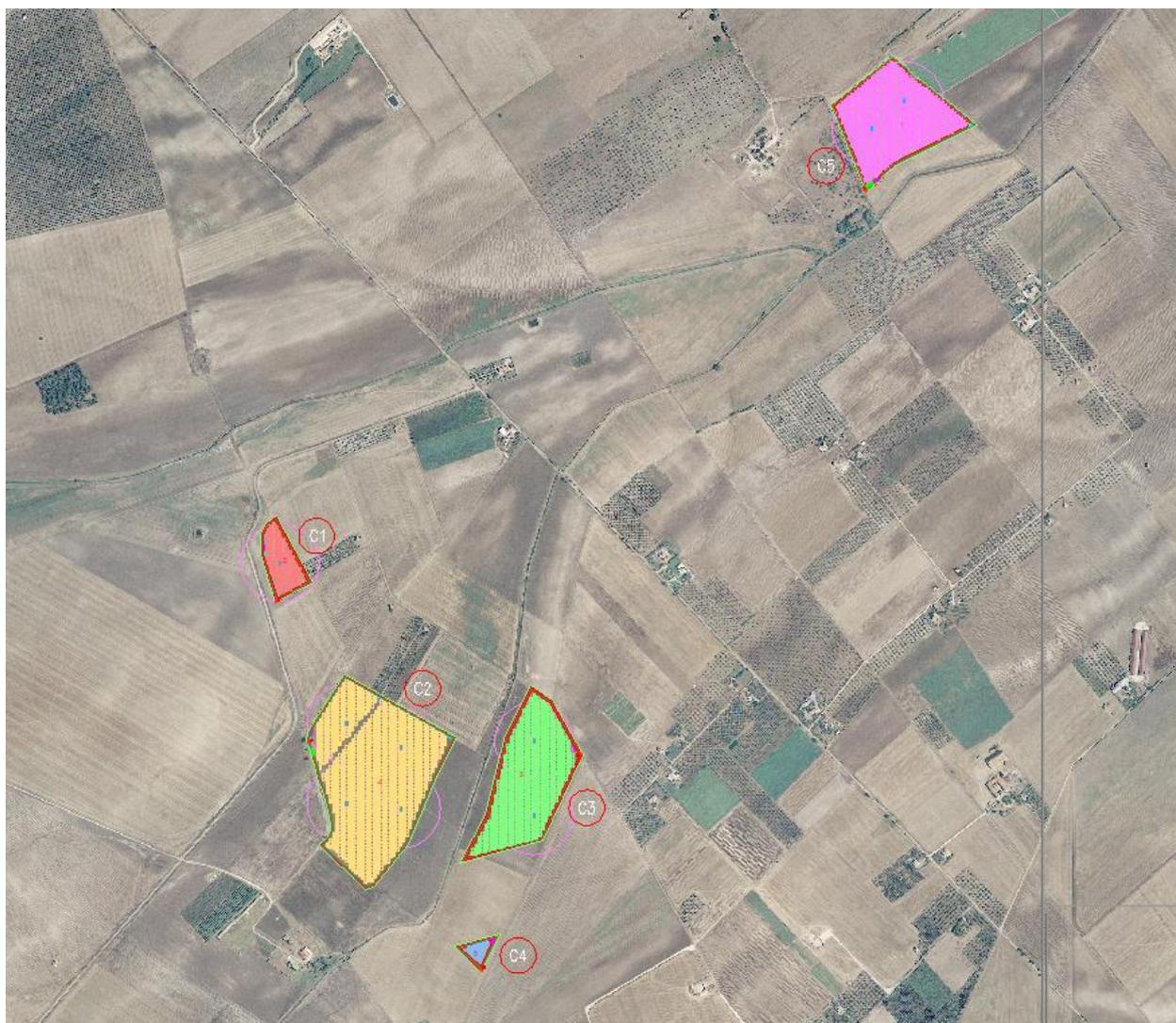


Figura 3.1: Layout di progetto



3.2 CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L'impianto, è collegato alla rete elettrica nazionale con connessione trifase a 36 kV; ha una potenza pari a 29,15 MWp, derivante da 9 power station a cui fanno capo 43512 moduli. Tali moduli sono ricompresi all'interno di un'area catastale di circa 60 ettari complessivi di cui circa 32,87 ettari recintati.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della configurazione di impianto:

Tabella 3.1: Dati di progetto

ITEM	DESCRIZIONE	
Richiedente	SOLAR INVEST 2 S.R.L.	
Luogo di installazione:	TROIA (FG)	
Denominazione impianto:	La Rotonda	
Potenza di picco (MW _p):	29,15 MWp	
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°	
Azimut di installazione:	0°	
Cabine Power Station:	n. 9 cabine distribuite in campo	
Cabine di Smistamento:	n. 2 cabine interne ai campi FV nelle sezioni C2 e C5	
Rete di collegamento:	36 kV	
Coordinate (impianto):	C2	C5
	Latitudine 41.379301°N; longitudine 15.438184°E	Latitudine 41.395698°N; longitudine 15.454742°E

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di 4 rami di alimentazione come di seguito descritto:

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 3.2: Configurazione cabine di conversione "Power Station"

ID.	RAMO	POWER STATION	POTENZA AC EROGABILE (KVA)
1	RC2.1	C2.1	3300
2		C1.1	1100
3	RC2.2	C2.2	3300
4		C2.3	3300



5		C2.4	3300
6	RC5.1	C3.1	3300
7		C3.2	3300
8	RC5.2	C5.1	3300
9		C5.2	2200

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.

Nel dettaglio sono previste una cabina di sezionamento e due cabine di smistamento a valle di essa. Tutte le cabine sono esercite a 36 kV.

L'impianto è organizzato in 5 sezioni d'impianto (C1, C2, C3, C4, C5) servite da complessivi 4 rami per un totale di 9 sottocampi.

Alla cabina di sezionamento arriveranno 2 linee di alimentazione in partenza dalle cabine di smistamento.

Alle cabine di smistamento arriveranno 4 linee di alimentazione complessive in partenza dalle sezioni C1, C2, C3, C4 e C5 per un totale di 9 sottocampi.

I vari sottocampi fotovoltaici nel quale è elettricamente suddiviso l'intero impianto saranno connessi alle cabine definite "CABINA ELETTRICA DI SMISTAMENTO" esercite a 36 kV, site all'interno dell'area di impianto, tramite linee interrate costituite da cavi unipolari in alluminio tipo ARE4H5E 20.8/36 kV con formazione a trifoglio.

In tali cabine avverrà il parallelo elettrico di queste singole produzioni ed il successivo convogliamento verso la linea di connessione utente a 36 kV. Il resto della distribuzione sarà in corrente continua e non sarà oggetto di analisi.

Di seguito (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) si riporta l'elenco delle linee a 36 kV presenti in impianto e i relativi dati di impiego, quali correnti di esercizio, tensione e formazione:



Tabella 3.3: Riepilogo linee elettriche 36 kV

N.	SEZIONE DI PARTENZA	RAMO DI ALIMENTAZIONE	COLLEGAMENTO DA:	COLLEGAMENTO A:	POTENZA	FORMAZIONE	LUNGHEZZA LINEA	LIVELLO DI TENSIONE	CORRENTE DI IMPIEGO IB	PORTATA IZ DECLASSATA	CADUTA DI TENSIONE PARZIALE LATO IMPIANTO (IB)	TIPO DI POSA	ISOLAMENTO	DESIGNAZIONE CAVO	MATERIALE CONDUITTORE	TEMPERATURA DI PROGETTO	FATTORE DI DECLASSAMENTO IN PORTATA
					[kVA]		[m]		[A]	[A]	[%]					[°C]	
1		RC2.1	CABINA DI SMISTAMENTO C2 36kV	POWER STATION C2.1	4400	3x(1x182)	440	36 kV	70,565	256,8	0,042	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
2		RC2.1	POWER STATION C2.1	POWER STATION C1.1	1100	3x(1x185)	1040	36 kV	17,641	224,7	0,06	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
3		RC2.2	CABINA DI SMISTAMENTO C2 36kV	POWER STATION C2.2	9900	3x(1x185)	700	36 kV	158,771	256,8	0,121	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
4		RC2.2	POWER STATION C2.2	POWER STATION C2.3	6600	3x(1x185)	770	36 kV	105,848	224,7	0,201	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
5		RC2.2	POWER STATION C2.3	POWER STATION C2.4	3300	3x(1x185)	220	36 kV	52,924	224,7	0,212	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
6		RC5.1	CABINA DI SMISTAMENTO C5 36kV	POWER STATION C3.1	6600	3x(1x185)	2900	36 kV	105,848	224,7	0,312	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
7		RC5.1	POWER STATION C3.1	POWER STATION C3.2	3300	3x(1x185)	260	36 kV	52,924	224,7	0,326	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
8		RC5.2	CABINA DI SMISTAMENTO C5 36kV	POWER STATION C5.1	5500	3x(1x185)	200	36 kV	88,206	224,7	0,027	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70
9		RC5.2	POWER STATION C5.1	POWER STATION C5.2	2200	3x(1x185)	520	36 kV	35,283	224,7	0,045	Posa interrata	XPLE	ARE4H5E 20.8/36 kV	ALLUMINIO	30	0,70

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

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 60364-5-523: 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 CONNESSIONE A 36 KV

- 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 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 61892-4 Ia Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

5 CALCOLO PRELIMARE ELETTRICO

5.1 ELEMENTI RELATIVI ALLA CONNESSIONE

L'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Deliceto - Foggia".

Relativamente alla connessione ed agli impianti interni all'area fotovoltaica sono stati previsti i seguenti parametri di dimensionamento:

- Tensione di esercizio: 36 kV;
- Corrente nominale: circa 424 A;
- Frequenza di esercizio: 50 Hz;
- Massima corrente di cortocircuito sulla sbarra: < 25 kA 1s;

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 sulla sbarra 36 kV (prevista inferiore a 25 kA data la distanza dalla stazione Terna di connessione).

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:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

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.

L'impiego del software di calcolo impiegato permette di gestire gli effetti delle armoniche secondo le seguenti modalità:

sono gestite le armoniche fino alla 21^a, 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;

viene 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;

viene 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 IbTHD di impiego e InTHD di neutro, oltre al fattore di distorsione THD [%].

La corrente IbTHD 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:

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

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_{bTHD} ;
- calcolo sovratemperatura quadri alla I_{bTHD} ;
- verifica delle portate e delle protezioni in funzione delle correnti distorte.

5.4 DIMENSIONAMENTO CAVI

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi 36 kV 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 in modo da verificare che la corrente nominale (I_n) del dispositivo di protezione deve essere compresa fra la corrente di impiego (I_b) che il circuito è destinato a trasportare in condizioni normali e la portata a regime permanente (I_z) del conduttore:

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

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.

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 CEI 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.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

5.5 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 e 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 della norma CEI 64-8..

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

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

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:

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

esprese 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:

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

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 50Hz, 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 36 kV/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). Lo studio eseguito mediante il software fa in modo che 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.

TRASFORMATORI

Tutti i trasformatori all'interno delle cabine di trasformazione di impianto saranno regolati e azionati secondo una logica di avviamento e funzionamento che limiti le correnti di energizzazione e che consenta una corretta regolazione delle protezioni.

All'interno dell'impianto in oggetto saranno presenti tre diverse tipologie di trasformatori abbinati a diverse tipologie di cabine di trasformazione e alimentazione dei carichi ausiliari:

- Trasformatore abbassatore 36/0,1 kV a due avvolgimenti o a singolo secondario (Dy11): utilizzato nelle Power Station di taglia 3300 kVA;
- Trasformatori abbassatori 36/0,4 kV (Dyn11) con potenza nominale 250 kVA, all'interno delle cabine di smistamento per l'alimentazione dei carichi ausiliari di impianto;
- Trasformatore BT/BT 0,6/0,4 kV (Yy) con potenza nominale 50 kVA per l'alimentazione dei carichi ausiliari all'interno delle Power Station.

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.

Le taglie dei trasformatori interni alle Power Station, riportate nello schema unifilare "2748_5287_TRLAR_VIA_T19_Rev0_Schema elettrico unifilare impianto FV", sono scelte tenendo conto del dimensionamento degli inverter, e quindi del rapporto DC/AC scelto, della potenza nominale del modulo fotovoltaico e del contributo di potenza dato dal modulo bifacciale in funzione dell'albedo.

5.9.1 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_{lr}/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 Ω :

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

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in m Ω :

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

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in m Ω :

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

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 Ω :

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

nella quale:

$$\begin{aligned} R_d &= R_{cct} \\ X_d &= X_{cct} \end{aligned}$$

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:

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

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

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

5.9.2 Trasformatori a tre avvolgimenti

Se nella rete sono presenti dei trasformatori a tre avvolgimenti, denominati H, M, L, i dati di targa richiesti sono:

- Tensioni nominali (in V): $U_{rTHV}; U_{rTMV}; U_{rTLV}$
- Potenze apparenti (in kVA): $S_{rTHVMV}; S_{rTHVLV}; S_{rTMVLV}$
- Tensioni di cortocircuito (in %): $u_{krHVMV}; u_{krHVLV}; u_{krMVLV}$
- Componenti resistive di cortocircuito (in %): $u_{RrHVMV}; u_{RrHVLV}; u_{RrMVLV}$

Si parte calcolando le tre impedenze di cortocircuito (riportate all'avvolgimento H del trasformatore):

$$Z_{AB} = \left(\frac{u_{RrHVMV}}{100} + j \frac{u_{XrHVMV}}{100}\right) \frac{U_{rTHV}^2}{S_{rTHVMV}}$$

$$Z_{AC} = \left(\frac{u_{RrHVLV}}{100} + j \frac{u_{XrHVLV}}{100}\right) \frac{U_{rTHV}^2}{S_{rTHVLV}}$$

$$Z_{BC} = \left(\frac{u_{RrMVLV}}{100} + j \frac{u_{XrMVLV}}{100}\right) \frac{U_{rTHV}^2}{S_{rTMVLV}}$$

A queste si applicano i fattori di correzione al punto 6.3.3 della EN 60909-0:

$$K_{TAB} = 0.95 \frac{c_{max}}{1 + 0.6x_{TAB}}$$

$$K_{TAC} = 0.95 \frac{c_{max}}{1 + 0.6x_{TAC}}$$

$$K_{TBC} = 0.95 \frac{c_{max}}{1 + 0.6x_{TBC}}$$

con, $x_T = \frac{u_{xr}}{100}$ ottenendo:

$$Z'_{AB}$$

$$Z'_{AC}$$

$$Z'_{BC}$$

Si possono ora calcolare le impedenze alla sequenza diretta dello schema equivalente del trasformatore a tre avvolgimenti, costituito da tre impedenze collegate a stella:

$$Z_A = \frac{1}{2} (Z'_{AB} + Z'_{AC} - Z'_{BC})$$

$$Z_B = \frac{1}{2} (Z'_{BC} + Z'_{AB} - Z'_{AC})$$

$$Z_C = \frac{1}{2} (Z'_{AC} + Z'_{BC} - Z'_{AB})$$

Per il calcolo della componente omopolare, si utilizza il rapporto $X(0)_T/X_T$ applicato alla componente reattiva delle tre impedenze dirette appena calcolate.

Le perdite a vuoto sono calcolate per il solo lato H del trasformatore, e trascurate per gli altri avvolgimenti.

La potenza dissipata a carico nel trasformatore a tre avvolgimenti è calcolata secondo:

$$P_H = \frac{1}{2} (P_{krHVMV} + P_{krHVLV} - P_{krMVLV})$$

$$P_M = \frac{1}{2} (P_{krHVMV} + P_{krMVLV} - P_{krHVLV})$$

$$P_L = \frac{1}{2} (P_{krHVLV} + P_{krMVLV} - P_{krHVMV})$$

e infine:

$$P = \left(\frac{I_H}{I_{NH}}\right)^2 P_H + \left(\frac{I_M}{I_{NM}}\right)^2 P_M + \left(\frac{I_L}{I_{NL}}\right)^2 P_L$$

5.9.3 Fattori di correzione per generatori e trasformatori (EN 60909-0)

La norma EN 60909-0 fornisce una serie di fattori correttivi per il calcolo delle impedenze di alcune macchine presenti nella rete. Quelle utilizzate per il calcolo dei guasti riguardano i generatori e i trasformatori.

5.9.4 Fattori di correzione per trasformatori (EN 60909-0 par. 6.3.3)

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con o senza regolazione delle spire, quando si stanno calcolando le correnti massime di cortocircuito, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_T tale che:

$$Z_{cctK} = K_T \cdot Z_{cct}$$

$$K_T = 0.95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0.6 \cdot x_T}$$

Dove:

$$x_T = \frac{X_{cct}}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza relativa del trasformatore e C_{max} è preso dalla tabella 1 ed è relativo alla tensione lato bassa del trasformatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare

5.9.5 Fattori di correzione per generatori sincroni (EN 60909-0 par. 6.6.1)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei sistemi alimentati direttamente da generatori senza trasformatori intermedi, si deve introdurre un fattore di correzione K_G tale che:

$$Z_{GK} = K_G \cdot Z_G$$

Con:

$$K_G = \frac{V_{02}}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Dove:

$$x'' = \frac{X''}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza satura relativa subtransitoria del generatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

Nella formula compaiono a numeratore e denominatore la tensione nominale di sistema e la tensione nominale del generatore (U_{rG}).

In Ampère U_{rG} non è gestita, quindi si considera $V_{02} / U_{rG} = 1$.

5.9.6 Fattore di correzione per gruppi di produzione con regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.1)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_S da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SK} = K_S \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_S = \frac{c_{max}}{1 + |x'' - x_T| \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per K_S non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

5.9.7 Fattore di correzione per gruppi di produzione senza regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.2)

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_{SO} da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SOK} = K_{SO} \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

Con

$$K_{SO} = (1 \pm p_T) \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{TG}}}$$

Dove p_T è la variazione di tensione del trasformatore tramite la presa a spina scelta. Nel programma viene impostato il fattore $(1-p_T)$, con $p_T = (|V_{sec}-V_{02}|) / V_{02}$.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per K_{SO} non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

6 STUDIO DI CORTOCIRCUITO

6.1 STATO DEL NEUTRO DI IMPIANTO

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

- **Livello tensione:** Connessione a 36 kV in Stazione elettrica Terna RTN. (analizzato in specifico documento);
- **Livello tensione:** linea di connessione a 36 kV a neutro isolato nei tratti compresi tra la cabina di raccolta e la cabina di smistamento; (analizzato in specifico documento);

Inoltre all'interno dell'area di impianto:

- **Livello tensione:** Distribuzione interna a 36 kV a neutro isolato nei tratti compresi tra la cabina generale di smistamento d'impianto e le power stations di ciascun sottocampo;
- **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 lato 36 kV (I_k): < 25 kA
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto trifase: 0,1 s
- Massima corrente di guasto monofase verso terra (IF): ipotizzata < 144 A (contributo capacitivo della linea 36 kV)
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto monofase a terra: < 0,9 s
- Lunghezza complessive delle linee a 36 kV (connessione + interne al campo fotovoltaico): circa 19 km

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

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.

6.2.1 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:

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

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

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

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.

6.2.2 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:

$$I_{k\ min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\ max}}$$
$$I_{k1N\ min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N\ max}}$$
$$I_{k1PE\ min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\ max}}$$
$$I_{k2\ min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\ max}}$$

6.2.3 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:

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

6.3 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 ($I_{mag\ max}$).

6.3.1 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:

Le intersezioni sono due:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
- $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- 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 $K^2 S^2$ 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.

6.3.2 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 5 s (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 Sottostazione e in cabina generale di smistamento si rimanda allo schema unifilare di connessione.

6.4 FUNZIONAMENTO IN SOCCORSO

Se necessario, è verificata la rete o parte di essa in funzionamento in soccorso, quando la fornitura è disinserita e l'alimentazione è fornita da sorgenti alternative come generatori o UPS.

Vengono calcolate le correnti di guasto, la verifica delle protezioni con i nuovi parametri di alimentazione.

7 CALCOLO PRELIMINARE IMPIANTO DI TERRA

Lo scopo di questa sezione è riportare un calcolo preliminare del sistema di terra relativo all'impianto fotovoltaico 29,15 MWp, connesso alla rete tramite una linea 36 kV verso la SSE condivisa tra diverse utenze. 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 toccare nessun altro oggetto collegato a terra.

7.2 INFORMAZIONI PRELIMINARI

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

- **Livello tensione:** Distribuzione interna a 36 kV a neutro isolato nei tratti compresi tra la cabina di raccolta (non oggetto della presente progettazione) e la cabina generale di smistamento e tra quest'ultima e le cabine di trasformazione di ciascun sottocampo;
- **Livello BT (AC):** Distribuzione fino a 1000 Vac interna ai sottocampi con distribuzione trifase + neutro TN-S.
- **Livello BT (DC):** 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 e al relativo tempo di intervento sono:

- Massima corrente di guasto trifase lato 36 kV (I_k): < 25 kA
- Tempo di intervento delle protezioni per guasto trifase: 0,1 s
- Massima corrente di guasto monofase verso terra (I_G): < 144 A (contributo capacitivo della linea 36 kV)
- 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 ipotizzata alla profondità di posa dell'impianto di terra ha un valore di circa 200 Ω m. Tale valore andrà verificato nella successiva fase progettuale attraverso un'indagine geotecnica in sito.

Considerando i dati citati, il tempo di intervento impone un limite al massimo gradiente di tensione interno al sito pari a 120 V per un tempo di tenuta del guasto < 0,9 s (CEI EN 50522, Fig.4).

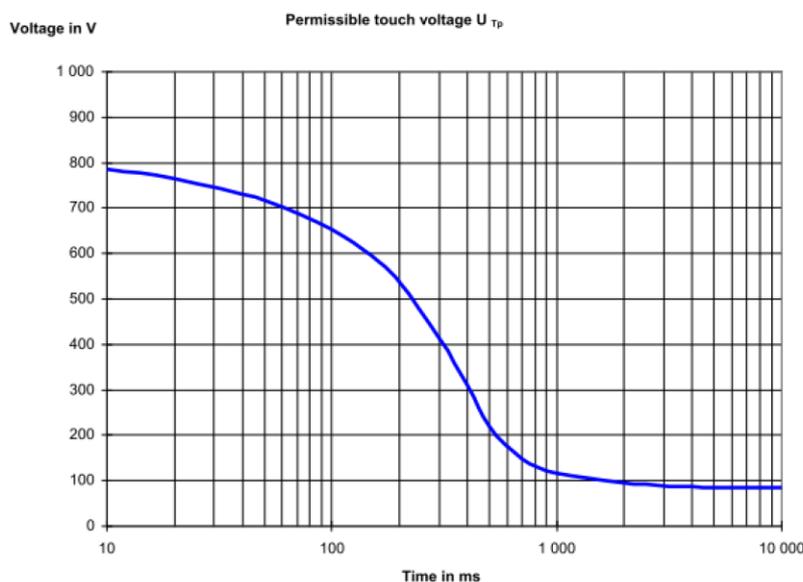


Figura 7.1: Massima tensione ammissibile (CEI EN 50522, Fig.4).

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 a 36 kV di:

$$R_T = U_T / I_G = 120 / 500 = 0,24 \Omega$$

Data la resistività del terreno assunta, pari a 200 Ω m e data l'estensione dell'area di impianto, la resistenza totale dell'impianto di terra da realizzare sarà sicuramente inferiore a tale limite (si rimanda al calcolo effettuato nei paragrafi successivi).

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.

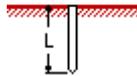
Impostata la resistività ρ del terreno, per ogni tipo di dispersore si devono inserire i parametri che lo definiscono.

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:

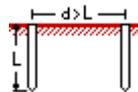
1) Picchetto verticale



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

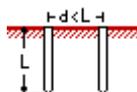


per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

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

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

3) Due picchetti verticali vicini

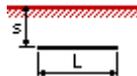


per avere a , il valore a' (diametro) inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $a=a'/2$.

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

Vincolo: $d < L$.

4) Dispersore lineare



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

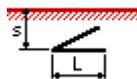
per avere L, il valore L' inserito in Ampère deve essere diviso per 2: $L=L'/2$;

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) Dispersore 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



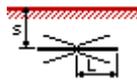
per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

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



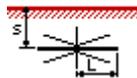
per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

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



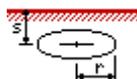
per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

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) Dispensore ad anello

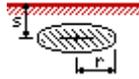


per avere s, il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

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

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

11) Piastra rotonda orizzontale

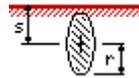


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$;

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

Vincolo: $r < 2 \cdot s'$.

12) Piastra rotonda verticale

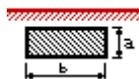


per avere s , il valore s' inserito in Ampère deve essere moltiplicato per 2: $s=2 \cdot s'$.

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

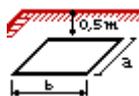
Vincolo: $r < s'$.

13) Piastra rettangolare verticale



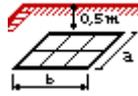
$$R_T = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{a \cdot b}}$$

14) Dispensore 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

7.4.1 Analisi della rete di terra

Il nuovo impianto fotovoltaico si estenderà su una superficie recintata di circa 60 ha.

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.

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:

$$S_{min} = \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{K_c^2}} = \sqrt{\frac{500^2 \cdot 10}{228^2}} \lll 50 \text{ mm}^2$$

dove:

- I è la massima corrente di guasto verso terra lato 36 kV 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);

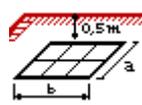
Sebbene S_{min} risulti molto piccola, in questa fase di progettazione preliminare, si è scelta una sezione minima 50 mm².

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

Verranno collegati alla rete di terra anche i pali dei tracker (nelle sezioni in cui è previsto l'utilizzo di strutture su palo). 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 1000 Ω allora occorre collegare tali parti e/o strutture all'impianto di terra.

Considerando l'estensione dell'impianto e la lunghezza dei suoi lati, si è stimato il seguente valore di resistenza di terra considerando un dispersore equivalente per ciascuna macrosezione di impianto di tipo magliato rettangolare (di estensione pari a quella maggiormente estesa) secondo la seguente relazione:


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

Tale calcolo, riferito alla fase definitiva di progetto, andrà verificato in fase di progettazione esecutiva. 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).

7.4.2 Risoluzione Guasto 36 kV

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 s, al massimo gradiente di tensione interno al sito pari a 50 V (CEI EN 50522, Fig.4) il guasto verso terra lato AT è risolto se la massima corrente di guasto verso terra dovrà essere mantenuto inferiore a:

$$I_g = 50/0,8 = \text{circa } 600 \text{ A}$$

Dove 50 V è la massima tensione ammissibile per un tempo pari superiore a 10 s e 0,8 è la resistenza di terra R_t .

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 MT 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 $I_{g_{cavo}}$ per linee in cavo è data dalla formula

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

- V = tensione nominale della rete (kV)
- L_{cavo} = lunghezza totale delle linee in cavo (km) (connessione + interne al campo fotovoltaico): circa 19 km

Pertanto nel caso in esame il contributo capacitivo della corrente di guasto sarà pari a circa 137 A.

Tale valore è inferiore a 1560 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.

7.4.3 Risoluzione guasto BT (AC current)

La distribuzione BT in corrente alternata prevede la porzione di impianto compresa tra il trasformatore 36 kV/BT e l'inverter all'interno delle Power Station e trasformatori BT/BT per l'alimentazione delle utenze ausiliarie di impianto. Entrambi i trasformatori presenti in cabina hanno 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.

7.4.4 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.

L'impedenza dell'anello di guasto moltiplicata per la massima corrente di guasto, dovrà essere sempre inferiore alla tensione massima ammissibile U_T .

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.

7.4.5 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 36 kV 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 essere 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.

Identificazione

Sigla utenza:	+Cabina smist C2.QCSC2-CS1
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

		Distribuzione generica	
Tipologia utenza:			
Potenza nominale:	14300 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	14300 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	229,3 A	Pot. trasferita a monte:	14300 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	15900 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	1600 kVA

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	24,7 kA	Ik2min:	19,4 kA
Ikv max a valle:	24,7 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,37 kA
Ik max:	24,7 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	60,5 kA	Zk min:	925,4 mohm
Ik min:	22,5 kA	Zk max:	925,6 mohm
Ik2ftmax:	21,4 kA	Zk2 min:	1069 mohm
Ip2ft:	52,4 kA	Zk2 max:	1069 mohm
Ik2ftmin:	19,4 kA	Zk1ftmin:	151207 mohm
Ik2max:	21,4 kA	Zk1ftmax:	151208 mohm
Ip2:	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	255 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+Cabina smist C2.QCSC2-RAMO C2.1**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	4400 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	4400 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	70,6 A	Pot. trasferita a monte:	4400 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	4988 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	588,3 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,8
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,031 %
Lunghezza linea:	440 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,042 %
Corrente ammissibile Iz:	256,8 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	34,5 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	35,8 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	70,6<=80<=256,8 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500))

Ikm max a monte:	24,7 kA	Ik2min:	17,9 kA
Ikv max a valle:	22,9 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,37 kA
Ik max:	22,9 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	60,5 kA	Zk min:	1000 mohm
Ik min:	20,7 kA	Zk max:	1004 mohm
Ik2ftmax:	19,8 kA	Zk2 min:	1155 mohm
Ip2ft:	52,4 kA	Zk2 max:	1160 mohm
Ik2ftmin:	17,9 kA	Zk1ftmin:	151171 mohm
Ik2max:	19,8 kA	Zk1ftmax:	151173 mohm
Ip2:	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	80 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+Cabina smist C2.QCSC2-RAMO C2.2**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	9900 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	9900 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	158,8 A	Pot. trasferita a monte:	9900 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	10912 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	1012 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,8
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,11 %
Lunghezza linea:	700 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,121 %
Corrente ammissibile Iz:	256,8 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	52,9 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	57,9 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	158,8<=175<=256,8 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	24,7 kA	Ik2min:	17,1 kA
Ikv max a valle:	21,8 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,37 kA
Ik max:	21,8 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	60,5 kA	Zk min:	1047 mohm
Ik min:	19,7 kA	Zk max:	1054 mohm
Ik2ftmax:	18,9 kA	Zk2 min:	1208 mohm
Ip2ft:	52,4 kA	Zk2 max:	1217 mohm
Ik2ftmin:	17,1 kA	Zk1ftmin:	151149 mohm
Ik2max:	18,9 kA	Zk1ftmax:	151152 mohm
Ip2:	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)		
Corrente nominale protez.:	175 A	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Numero poli:	3	Norma:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+Cabina smist C2.QCSC2-SPARE
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Distribuzione generica		Sistema distribuzione:	
Tipologia utenza:		Collegamento fasi:	Alta
Potenza nominale:	0 kW	Frequenza ingresso:	3F
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	0 kW	Potenza totale:	0 kVA
Potenza reattiva:	0 kVAR	Potenza disponibile:	6,24 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A		
Fattore di potenza:	0,9		
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ik _m max a monte:	24,7 kA	Ik _{2min} :	19,4 kA
Ik _v max a valle:	24,7 kA	Ik _{1ftmax} :	0,151 kA
Imag _{max} (magnetica massima):	137,5 A	Ip _{1ft} :	0,37 kA
Ik max:	24,7 kA	Ik _{1ftmin} :	0,137 kA
Ip:	60,5 kA	Zk min:	925,4 mohm
Ik min:	22,5 kA	Zk max:	925,6 mohm
Ik _{2ftmax} :	21,4 kA	Zk ₂ min:	1069 mohm
Ip _{2ft} :	52,4 kA	Zk ₂ max:	1069 mohm
Ik _{2ftmin} :	19,4 kA	Zk _{1ftmin} :	151207 mohm
Ik _{2max} :	21,4 kA	Zk _{1ftmax} :	151208 mohm
Ip ₂ :	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	0,1 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+Cabina smist C5.QCSC5-CS2**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Alta
Potenza nominale:	12100 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	12100 kW	Pot. trasferita a monte:	12100 kVA
Corrente di impiego Ib:	194,1 A	Potenza totale:	13718 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	1618 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	24,7 kA	Ik2min:	19,4 kA
Ikv max a valle:	24,7 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,37 kA
Ik max:	24,7 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	60,5 kA	Zk min:	925,4 mohm
Ik min:	22,5 kA	Zk max:	925,6 mohm
Ik2ftmax:	21,4 kA	Zk2 min:	1069 mohm
Ip2ft:	52,4 kA	Zk2 max:	1069 mohm
Ik2ftmin:	19,4 kA	Zk1ftmin:	151207 mohm
Ik2max:	21,4 kA	Zk1ftmax:	151208 mohm
Ip2:	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	220 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+Cabina smist C5.QCSC5-RAMO C5.1**
 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:	7482 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	882,5 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,303 %
Lunghezza linea:	2900 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,312 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	43,3 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	47,1 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	105,8<=120<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

I _{km} max a monte:	24,7 kA	I _{k2min} :	14,1 kA
I _{kv} max a valle:	18,2 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,37 kA
I _k max:	18,2 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	60,5 kA	Z _k min:	1256 mohm
I _k min:	16,3 kA	Z _k max:	1274 mohm
I _{k2ftmax} :	15,8 kA	Z _{k2} min:	1450 mohm
I _{p2ft} :	52,4 kA	Z _{k2} max:	1471 mohm
I _{k2ftmin} :	14,1 kA	Z _{k1ftmin} :	151036 mohm
I _{k2max} :	15,8 kA	Z _{k1ftmax} :	151043 mohm
I _{p2} :	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	120 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+Cabina smist C5.QCSC5-RAMO C5.2**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	5500 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	5500 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	88,2 A	Pot. trasferita a monte:	5500 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	6235 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	735,4 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,017 %
Lunghezza linea:	200 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,027 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	39,2 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	41,9 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	88,2<=100<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

I _{km} max a monte:	24,7 kA	I _{k2min} :	19 kA
I _{kv} max a valle:	24,1 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,37 kA
I _k max:	24,1 kA	I _{k1ftmin} :	0,137 kA
I _p :	60,5 kA	Z _k min:	947,2 mohm
I _k min:	21,9 kA	Z _k max:	948 mohm
I _{k2ftmax} :	20,9 kA	Z _{k2} min:	1094 mohm
I _{p2ft} :	52,4 kA	Z _{k2} max:	1095 mohm
I _{k2ftmin} :	19 kA	Z _{k1ftmin} :	151195 mohm
I _{k2max} :	20,9 kA	Z _{k1ftmax} :	151196 mohm
I _{p2} :	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	100 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza: **+Cabina smist C5.QCSC5-SPARE**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	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:	6,24 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza disponibile:	6,24 kVA
Fattore di potenza:	0,9		
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

I _{km} max a monte:	24,7 kA	I _{k2min} :	19,4 kA
I _{kv} max a valle:	24,7 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,37 kA
I _k max:	24,7 kA	I _{k1ftmin} :	0,137 kA
I _p :	60,5 kA	Z _k min:	925,4 mohm
I _k min:	22,5 kA	Z _k max:	925,6 mohm
I _{k2ftmax} :	21,4 kA	Z _{k2} min:	1069 mohm
I _{p2ft} :	52,4 kA	Z _{k2} max:	1069 mohm
I _{k2ftmin} :	19,4 kA	Z _{k1ftmin} :	151207 mohm
I _{k2max} :	21,4 kA	Z _{k1ftmax} :	151208 mohm
I _{p2} :	52,4 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	0,1 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.1.QPS-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Alta
Potenza nominale:	4400 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	4400 kW	Pot. trasferita a monte:	4400 kVA
Corrente di impiego Ib:	70,6 A	Potenza totale:	4988 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	588,3 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	22,9 kA	Ik2min:	17,9 kA
Ikv max a valle:	22,9 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,343 kA
Ik max:	22,9 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	51,9 kA	Zk min:	1000 mohm
Ik min:	20,7 kA	Zk max:	1004 mohm
Ik2ftmax:	19,8 kA	Zk2 min:	1155 mohm
Ip2ft:	45 kA	Zk2 max:	1160 mohm
Ik2ftmin:	17,9 kA	Zk1ftmin:	151171 mohm
Ik2max:	19,8 kA	Zk1ftmax:	151173 mohm
Ip2:	44,9 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	80 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+PS C2.1.QPS-PARTENZA**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	1100 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	1100 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	17,6 A	Pot. trasferita a monte:	1100 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	4988 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	3888 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,018 %
Lunghezza linea:	1040 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,06 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	30,4 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	37,6 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	17,6<=80<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	22,9 kA	Ik2min:	14,9 kA
Ikv max a valle:	19,2 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,343 kA
Ik max:	19,2 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	51,9 kA	Zk min:	1190 mohm
Ik min:	17,2 kA	Zk max:	1211 mohm
Ik2ftmax:	16,6 kA	Zk2 min:	1375 mohm
Ip2ft:	45 kA	Zk2 max:	1399 mohm
Ik2ftmin:	14,8 kA	Zk1ftmin:	151084 mohm
Ik2max:	16,6 kA	Zk1ftmax:	151091 mohm
Ip2:	44,9 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	200 A	Corrente sovraccarico Ins:	80 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.1.QPS-INVERTER
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:	22,9 kA	I _{k2min} :	17,9 kA
I _{kv} max a valle:	22,9 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,343 kA
I _k max:	22,9 kA	I _{k1ftmin} :	0,137 kA
I _p :	51,9 kA	Z _k min:	1000 mohm
I _k min:	20,7 kA	Z _k max:	1004 mohm
I _{k2ftmax} :	19,8 kA	Z _{k2} min:	1155 mohm
I _{p2ft} :	45 kA	Z _{k2} max:	1160 mohm
I _{k2ftmin} :	17,9 kA	Z _{k1ftmin} :	151171 mohm
I _{k2max} :	19,8 kA	Z _{k1ftmax} :	151173 mohm
I _{p2} :	44,9 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:	+PS C2.4.QPS-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

		Distribuzione generica	
Tipologia utenza:			
Potenza nominale:	9900 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	9900 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	158,8 A	Pot. trasferita a monte:	9900 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	10912 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	1012 kVA

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	21,8 kA	Ik2min:	17,1 kA
Ikv max a valle:	21,8 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,331 kA
Ik max:	21,8 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	47,9 kA	Zk min:	1047 mohm
Ik min:	19,7 kA	Zk max:	1054 mohm
Ik2ftmax:	18,9 kA	Zk2 min:	1208 mohm
Ip2ft:	41,5 kA	Zk2 max:	1217 mohm
Ik2ftmin:	17,1 kA	Zk1ftmin:	151149 mohm
Ik2max:	18,9 kA	Zk1ftmax:	151152 mohm
Ip2:	41,4 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	175 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+PS C2.4.QPS-PARTENZA**
 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:	10912 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	4312 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,08 %
Lunghezza linea:	770 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,201 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	43,3 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	66,4 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	105,8<=175<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	21,8 kA	Ik2min:	15,7 kA
Ikv max a valle:	20,1 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,331 kA
Ik max:	20,1 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	47,9 kA	Zk min:	1136 mohm
Ik min:	18,1 kA	Zk max:	1149 mohm
Ik2ftmax:	17,4 kA	Zk2 min:	1311 mohm
Ip2ft:	41,5 kA	Zk2 max:	1326 mohm
Ik2ftmin:	15,7 kA	Zk1ftmin:	151103 mohm
Ik2max:	17,4 kA	Zk1ftmax:	151109 mohm
Ip2:	41,4 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	200 A	Corrente sovraccarico Ins:	175 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.4.QPS-INVERTER
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:	21,8 kA	I _{k2min} :	17,1 kA
I _{kv} max a valle:	21,8 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,331 kA
I _k max:	21,8 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	47,9 kA	Z _k min:	1047 mohm
I _k min:	19,7 kA	Z _k max:	1054 mohm
I _{k2ftmax} :	18,9 kA	Z _{k2} min:	1208 mohm
I _{p2ft} :	41,5 kA	Z _{k2} max:	1217 mohm
I _{k2ftmin} :	17,1 kA	Z _{k1ftmin} :	151149 mohm
I _{k2max} :	18,9 kA	Z _{k1ftmax} :	151152 mohm
I _{p2} :	41,4 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: **+PS C3.1.QPS-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:	7482 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	882,5 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	18,2 kA	Ik2min:	14,1 kA
Ikv max a valle:	18,2 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,312 kA
Ik max:	18,2 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	37,6 kA	Zk min:	1256 mohm
Ik min:	16,3 kA	Zk max:	1274 mohm
Ik2ftmax:	15,8 kA	Zk2 min:	1450 mohm
Ip2ft:	32,6 kA	Zk2 max:	1471 mohm
Ik2ftmin:	14,1 kA	Zk1ftmin:	151036 mohm
Ik2max:	15,8 kA	Zk1ftmax:	151043 mohm
Ip2:	32,5 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	120 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+PS C3.1.QPS-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:	7482 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	4182 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,014 %
Lunghezza linea:	260 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,326 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	33,3 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	47,1 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	52,9<=120<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	18,2 kA	Ik2min:	13,8 kA
Ikv max a valle:	17,8 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,312 kA
Ik max:	17,8 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	37,6 kA	Zk min:	1286 mohm
Ik min:	15,9 kA	Zk max:	1307 mohm
Ik2ftmax:	15,4 kA	Zk2 min:	1485 mohm
Ip2ft:	32,6 kA	Zk2 max:	1510 mohm
Ik2ftmin:	13,8 kA	Zk1ftmin:	151021 mohm
Ik2max:	15,4 kA	Zk1ftmax:	151028 mohm
Ip2:	32,5 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	200 A	Corrente sovraccarico Ins:	120 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C3.1.QPS-INVERTER
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:	18,2 kA	I _{k2min} :	14,1 kA
I _{kv} max a valle:	18,2 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,312 kA
I _k max:	18,2 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	37,6 kA	Z _k min:	1256 mohm
I _k min:	16,3 kA	Z _k max:	1274 mohm
I _{k2ftmax} :	15,8 kA	Z _{k2} min:	1450 mohm
I _{p2ft} :	32,6 kA	Z _{k2} max:	1471 mohm
I _{k2ftmin} :	14,1 kA	Z _{k1ftmin} :	151036 mohm
I _{k2max} :	15,8 kA	Z _{k1ftmax} :	151043 mohm
I _{p2} :	32,5 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:	+PS C5.1.QPS-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

		Distribuzione generica	
Tipologia utenza:			
Potenza nominale:	5500 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	5500 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	88,2 A	Pot. trasferita a monte:	5500 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	6235 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	735,4 kVA

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	24,1 kA	Ik2min:	19 kA
Ikv max a valle:	24,1 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,364 kA
Ik max:	24,1 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	58 kA	Zk min:	947,2 mohm
Ik min:	21,9 kA	Zk max:	948 mohm
Ik2ftmax:	20,9 kA	Zk2 min:	1094 mohm
Ip2ft:	50,3 kA	Zk2 max:	1095 mohm
Ik2ftmin:	19 kA	Zk1ftmin:	151195 mohm
Ik2max:	20,9 kA	Zk1ftmax:	151196 mohm
Ip2:	50,3 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	100 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+PS C5.1.QPS-PARTENZA**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica		
Potenza nominale:	2200 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	2200 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Corrente di impiego Ib:	35,3 A	Pot. trasferita a monte:	2200 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza totale:	6235 kVA
Tensione nominale:	36000 V	Potenza disponibile:	4035 kVA

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,018 %
Lunghezza linea:	520 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,045 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	31,5 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	41,9 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	35,3<=100<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	24,1 kA	Ik2min:	17,9 kA
Ikv max a valle:	22,8 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,364 kA
Ik max:	22,8 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	58 kA	Zk min:	1005 mohm
Ik min:	20,6 kA	Zk max:	1008 mohm
Ik2ftmax:	19,7 kA	Zk2 min:	1160 mohm
Ip2ft:	50,3 kA	Zk2 max:	1164 mohm
Ik2ftmin:	17,9 kA	Zk1ftmin:	151165 mohm
Ik2max:	19,7 kA	Zk1ftmax:	151167 mohm
Ip2:	50,3 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	200 A	Corrente sovraccarico Ins:	100 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C5.1.QPS-INVERTER
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:	24,1 kA	I _{k2min} :	19 kA
I _{kv} max a valle:	24,1 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,364 kA
I _k max:	24,1 kA	I _{k1ftmin} :	0,137 kA
I _p :	58 kA	Z _k min:	947,2 mohm
I _k min:	21,9 kA	Z _k max:	948 mohm
I _{k2ftmax} :	20,9 kA	Z _{k2} min:	1094 mohm
I _{p2ft} :	50,3 kA	Z _{k2} max:	1095 mohm
I _{k2ftmin} :	19 kA	Z _{k1ftmin} :	151195 mohm
I _{k2max} :	20,9 kA	Z _{k1ftmax} :	151196 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: **+PS C.1.1.QPS-ARRIVO**
 Denominazione 1:
 Denominazione 2:
 Informazioni aggiuntive/Note 1:
 Informazioni aggiuntive/Note 2:

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Alta
Potenza nominale:	1100 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	1100 kW	Pot. trasferita a monte:	1100 kVA
Corrente di impiego Ib:	17,6 A	Potenza totale:	4988 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	3888 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	19,2 kA	Ik2min:	14,9 kA
Ikv max a valle:	19,2 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,305 kA
Ik max:	19,2 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	38,7 kA	Zk min:	1190 mohm
Ik min:	17,2 kA	Zk max:	1211 mohm
Ik2ftmax:	16,6 kA	Zk2 min:	1375 mohm
Ip2ft:	33,6 kA	Zk2 max:	1399 mohm
Ik2ftmin:	14,8 kA	Zk1ftmin:	151084 mohm
Ik2max:	16,6 kA	Zk1ftmax:	151091 mohm
Ip2:	33,5 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	80 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C.1.1.QPS-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:	4988 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza disponibile:	4988 kVA
Fattore di potenza:	0,9		
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	19,2 kA	Ik2min:	14,9 kA
Ikv max a valle:	19,2 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,305 kA
Ik max:	19,2 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	38,7 kA	Zk min:	1190 mohm
Ik min:	17,2 kA	Zk max:	1211 mohm
Ik2ftmax:	16,6 kA	Zk2 min:	1375 mohm
Ip2ft:	33,6 kA	Zk2 max:	1399 mohm
Ik2ftmin:	14,8 kA	Zk1ftmin:	151084 mohm
Ik2max:	16,6 kA	Zk1ftmax:	151091 mohm
Ip2:	33,5 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	200 A	Corrente sovraccarico Ins:	80 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C.1.1.QPS-INVERTER
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	1100 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	1100 kVA
Potenza dimensionamento:	1100 kW	Potenza totale:	1247 kVA
Corrente di impiego Ib:	17,6 A	Potenza disponibile:	147,1 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:	19,2 kA	I _{k2min} :	14,9 kA
I _{kv} max a valle:	19,2 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,305 kA
I _k max:	19,2 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	38,7 kA	Z _k min:	1190 mohm
I _k min:	17,2 kA	Z _k max:	1211 mohm
I _{k2ftmax} :	16,6 kA	Z _{k2} min:	1375 mohm
I _{p2ft} :	33,6 kA	Z _{k2} max:	1399 mohm
I _{k2ftmin} :	14,8 kA	Z _{k1ftmin} :	151084 mohm
I _{k2max} :	16,6 kA	Z _{k1ftmax} :	151091 mohm
I _{p2} :	33,5 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	20 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.3.QPS-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:	10912 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	4312 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	20,1 kA	Ik2min:	15,7 kA
Ikv max a valle:	20,1 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,319 kA
Ik max:	20,1 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	42,4 kA	Zk min:	1136 mohm
Ik min:	18,1 kA	Zk max:	1149 mohm
Ik2ftmax:	17,4 kA	Zk2 min:	1311 mohm
Ip2ft:	36,7 kA	Zk2 max:	1326 mohm
Ik2ftmin:	15,7 kA	Zk1ftmin:	151103 mohm
Ik2max:	17,4 kA	Zk1ftmax:	151109 mohm
Ip2:	36,7 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	175 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza: **+PS C2.3.QPS-PARTENZA**
 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:	10912 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	7612 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Cavi

Formazione:	3x(1x185)		
Tipo posa:	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)		
Disposizione posa:			
Designazione cavo:	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm		
Isolante (fase+neutro+PE):	XLPE	Coefficiente di declassamento totale:	0,7
Tabella posa:	CEI 11-17 (Utente 1)	K ² S ² conduttore fase:	2,897*10⁸ A²s
Materiale conduttore:	ALLUMINIO	Caduta di tensione parziale a Ib:	0,011 %
Lunghezza linea:	220 m	Caduta di tensione totale a Ib:	0,212 %
Corrente ammissibile Iz:	224,7 A (Archivio)	Temperatura ambiente:	30 °C
Corrente ammissibile neutro:	n.d.	Temperatura cavo a Ib:	33,3 °C
Coefficiente di prossimità:	1 (Numero circuiti: 1)	Temperatura cavo a In:	66,4 °C
Coefficiente di temperatura:	1	Coordinamento Ib<=In<=Iz:	52,9<=175<=224,7 A

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	20,1 kA	Ik2min:	15,3 kA
Ikv max a valle:	19,7 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,319 kA
Ik max:	19,7 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	42,4 kA	Zk min:	1161 mohm
Ik min:	17,7 kA	Zk max:	1176 mohm
Ik2ftmax:	17,1 kA	Zk2 min:	1341 mohm
Ip2ft:	36,7 kA	Zk2 max:	1358 mohm
Ik2ftmin:	15,3 kA	Zk1ftmin:	151090 mohm
Ik2max:	17 kA	Zk1ftmax:	151096 mohm
Ip2:	36,7 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	200 A	Corrente sovraccarico Ins:	175 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.3.QPS-INVERTER
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:	20,1 kA	I _{k2min} :	15,7 kA
I _{kv} max a valle:	20,1 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,319 kA
I _k max:	20,1 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	42,4 kA	Z _k min:	1136 mohm
I _k min:	18,1 kA	Z _k max:	1149 mohm
I _{k2ftmax} :	17,4 kA	Z _{k2} min:	1311 mohm
I _{p2ft} :	36,7 kA	Z _{k2} max:	1326 mohm
I _{k2ftmin} :	15,7 kA	Z _{k1ftmin} :	151103 mohm
I _{k2max} :	17,4 kA	Z _{k1ftmax} :	151109 mohm
I _{p2} :	36,7 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:	+PS C3.2.QPS-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:	7482 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	4182 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	17,8 kA	Ik2min:	13,8 kA
Ikv max a valle:	17,8 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,309 kA
Ik max:	17,8 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	36,3 kA	Zk min:	1286 mohm
Ik min:	15,9 kA	Zk max:	1307 mohm
Ik2ftmax:	15,4 kA	Zk2 min:	1485 mohm
Ip2ft:	31,5 kA	Zk2 max:	1510 mohm
Ik2ftmin:	13,8 kA	Zk1ftmin:	151021 mohm
Ik2max:	15,4 kA	Zk1ftmax:	151028 mohm
Ip2:	31,4 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	120 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C3.2.QPS-PARTENZA
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:		Distribuzione generica	
Potenza nominale:	0 kW	Sistema distribuzione:	Alta
Coefficiente:	1	Collegamento fasi:	3F
Potenza dimensionamento:	0 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza reattiva:	0 kVAR	Pot. trasferita a monte:	0 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza totale:	7482 kVA
Fattore di potenza:	0,9	Potenza disponibile:	7482 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

I _{km} max a monte:	17,8 kA	I _{k2min} :	13,8 kA
I _{kv} max a valle:	17,8 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,309 kA
I _k max:	17,8 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	36,3 kA	Z _k min:	1286 mohm
I _k min:	15,9 kA	Z _k max:	1307 mohm
I _{k2ftmax} :	15,4 kA	Z _{k2} min:	1485 mohm
I _{p2ft} :	31,5 kA	Z _{k2} max:	1510 mohm
I _{k2ftmin} :	13,8 kA	Z _{k1ftmin} :	151021 mohm
I _{k2max} :	15,4 kA	Z _{k1ftmax} :	151028 mohm
I _{p2} :	31,4 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	120 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C3.2.QPS-INVERTER
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:	17,8 kA	I _{k2min} :	13,8 kA
I _{kv} max a valle:	17,8 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,309 kA
I _k max:	17,8 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	36,3 kA	Z _k min:	1286 mohm
I _k min:	15,9 kA	Z _k max:	1307 mohm
I _{k2ftmax} :	15,4 kA	Z _{k2} min:	1485 mohm
I _{p2ft} :	31,5 kA	Z _{k2} max:	1510 mohm
I _{k2ftmin} :	13,8 kA	Z _{k1ftmin} :	151021 mohm
I _{k2max} :	15,4 kA	Z _{k1ftmax} :	151028 mohm
I _{p2} :	31,4 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:	+PS C5.2.QPS-ARRIVO
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Distribuzione generica	Sistema distribuzione:	Alta
Potenza nominale:	2200 kW	Collegamento fasi:	3F
Coefficiente:	1	Frequenza ingresso:	50 Hz
Potenza dimensionamento:	2200 kW	Pot. trasferita a monte:	2200 kVA
Corrente di impiego Ib:	35,3 A	Potenza totale:	6235 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	4035 kVA
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

Ikm max a monte:	22,8 kA	Ik2min:	17,9 kA
Ikv max a valle:	22,8 kA	Ik1ftmax:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,5 A	Ip1ft:	0,349 kA
Ik max:	22,8 kA	Ik1ftmin:	0,137 kA
Ip:	52,6 kA	Zk min:	1005 mohm
Ik min:	20,6 kA	Zk max:	1008 mohm
Ik2ftmax:	19,7 kA	Zk2 min:	1160 mohm
Ip2ft:	45,5 kA	Zk2 max:	1164 mohm
Ik2ftmin:	17,9 kA	Zk1ftmin:	151165 mohm
Ik2max:	19,7 kA	Zk1ftmax:	151167 mohm
Ip2:	45,5 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	100 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C5.2.QPS-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:	6235 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza disponibile:	6235 kVA
Fattore di potenza:	0,9		
Tensione nominale:	36000 V		

Condizioni di guasto (UTE C 15-500)

I _{km} max a monte:	22,8 kA	I _{k2min} :	17,9 kA
I _{kv} max a valle:	22,8 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,349 kA
I _k max:	22,8 kA	I _{k1ftmin} :	0,137 kA
I _p :	52,6 kA	Z _k min:	1005 mohm
I _k min:	20,6 kA	Z _k max:	1008 mohm
I _{k2ftmax} :	19,7 kA	Z _{k2} min:	1160 mohm
I _{p2ft} :	45,5 kA	Z _{k2} max:	1164 mohm
I _{k2ftmin} :	17,9 kA	Z _{k1ftmin} :	151165 mohm
I _{k2max} :	19,7 kA	Z _{k1ftmax} :	151167 mohm
I _{p2} :	45,5 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	100 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C5.2.QPS-INVERTER
Denominazione 1:	
Denominazione 2:	
Informazioni aggiuntive/Note 1:	
Informazioni aggiuntive/Note 2:	

Utenza

Tipologia utenza:	Terminale generica	Collegamento fasi:	3F
Potenza nominale:	2200 kW	Frequenza ingresso:	50 Hz
Coefficiente:	1	Pot. trasferita a monte:	2200 kVA
Potenza dimensionamento:	2200 kW	Potenza totale:	2494 kVA
Corrente di impiego Ib:	35,3 A	Potenza disponibile:	294,2 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:	22,8 kA	I _{k2min} :	17,9 kA
I _{kv} max a valle:	22,8 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,5 A	I _{p1ft} :	0,349 kA
I _k max:	22,8 kA	I _{k1ftmin} :	0,137 kA
I _p :	52,6 kA	Z _k min:	1005 mohm
I _k min:	20,6 kA	Z _k max:	1008 mohm
I _{k2ftmax} :	19,7 kA	Z _{k2} min:	1160 mohm
I _{p2ft} :	45,5 kA	Z _{k2} max:	1164 mohm
I _{k2ftmin} :	17,9 kA	Z _{k1ftmin} :	151165 mohm
I _{k2max} :	19,7 kA	Z _{k1ftmax} :	151167 mohm
I _{p2} :	45,5 kA		

Protezione

Tipo protezione:	I(50-51)	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Corrente nominale protez.:	40 A	Norma:	n.d.
Numero poli:	3		
Classe d'impiego:	n.d.		

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.2.QPS-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:	10912 kVA
Fattore di potenza:	1	Potenza disponibile:	7612 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:	0,151 kA
Imagmax (magnetica massima):	137,6 A	Ip1ft:	0,316 kA
Ik max:	19,7 kA	Ik1ftmin:	0,138 kA
Ip:	41,1 kA	Zk min:	1161 mohm
Ik min:	17,7 kA	Zk max:	1176 mohm
Ik2ftmax:	17,1 kA	Zk2 min:	1341 mohm
Ip2ft:	35,6 kA	Zk2 max:	1358 mohm
Ik2ftmin:	15,3 kA	Zk1ftmin:	151090 mohm
Ik2max:	17 kA	Zk1ftmax:	151096 mohm
Ip2:	35,6 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	175 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.2.QPS-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:	10912 kVA
Corrente di impiego Ib:	0 A	Potenza disponibile:	10912 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} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,316 kA
I _k max:	19,7 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	41,1 kA	Z _k min:	1161 mohm
I _k min:	17,7 kA	Z _k max:	1176 mohm
I _{k2ftmax} :	17,1 kA	Z _{k2} min:	1341 mohm
I _{p2ft} :	35,6 kA	Z _{k2} max:	1358 mohm
I _{k2ftmin} :	15,3 kA	Z _{k1ftmin} :	151090 mohm
I _{k2max} :	17 kA	Z _{k1ftmax} :	151096 mohm
I _{p2} :	35,6 kA		

Protezione

Corrente nominale protez.:	350 A	Corrente sovraccarico Ins:	175 A
Numero poli:	3	Potere di interruzione PdI:	n.d.
Classe d'impiego:	n.d.	Norma:	n.d.

Identificazione

Sigla utenza:	+PS C2.2.QPS-INVERTER
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:	19,7 kA	I _{k2min} :	15,3 kA
I _{kv} max a valle:	19,7 kA	I _{k1ftmax} :	0,151 kA
I _{magmax} (magnetica massima):	137,6 A	I _{p1ft} :	0,316 kA
I _k max:	19,7 kA	I _{k1ftmin} :	0,138 kA
I _p :	41,1 kA	Z _k min:	1161 mohm
I _k min:	17,7 kA	Z _k max:	1176 mohm
I _{k2ftmax} :	17,1 kA	Z _{k2} min:	1341 mohm
I _{p2ft} :	35,6 kA	Z _{k2} max:	1358 mohm
I _{k2ftmin} :	15,3 kA	Z _{k1ftmin} :	151090 mohm
I _{k2max} :	17 kA	Z _{k1ftmax} :	151096 mohm
I _{p2} :	35,6 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.		

Tipo di fornitura:	Alta tensione
Tensione di fornitura:	36 kV
Corrente di cortocircuito trifase massima:	25 kA
Corrente di cortocircuito monofase a terra massima:	0,15 kA

Parametri elettrici	
Potenza totale assorbita:	26400 kW
Fattore di potenza:	1
Corrente totale di impiego:	423,4 A
Potenza carichi collegati [kW]:	26400 kW

Parametri di guasto lato fornitura	
Rd a 20°C:	91 mohm
Xd:	910 mohm
R0 a 20°C:	45317 mohm
X0:	-453172 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						

Cabina smist C2 QCSC2

RAMO C2.1	3x(1x185)	ALLUMINIO	440	256,8	34,5	30	0,042	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,8	35,8	2,897*10 ⁸	0,049	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						
RAMO C2.2	3x(1x185)	ALLUMINIO	700	256,8	52,9	30	0,121	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,8	57,9	2,897*10 ⁸	0,135	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						

Cabina smist C5 QCSC5

RAMO C5.1	3x(1x185)	ALLUMINIO	2900	224,7	43,3	30	0,312	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	47,1	2,897*10 ⁸	0,358	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						
RAMO C5.2	3x(1x185)	ALLUMINIO	200	224,7	39,2	30	0,027	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	41,9	2,897*10 ⁸	0,034	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						

PS C2.1 QPS

PARTENZA	3x(1x185)	ALLUMINIO	1040	224,7	30,4	30	0,06	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	37,6	2,897*10 ⁸	0,131	
	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]	K ² S ² F [A ² s]	CdtT (In) [%]	
	Tab. posa	Tipo posa						

PS C2.4 QPS

PARTENZA	3x(1x185)	ALLUMINIO	770	224,7	43,3	30	0,201	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	66,4	2,897*10 ⁸	0,268	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						

PS C3.1 QPS

PARTENZA	3x(1x185)	ALLUMINIO	260	224,7	33,3	30	0,326	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	47,1	2,897*10 ⁸	0,388	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						

PS C5.1 QPS

PARTENZA	3x(1x185)	ALLUMINIO	520	224,7	31,5	30	0,045	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	41,9	2,897*10 ⁸	0,085	
	CEI 11-17 (Utente 1)	L - Cavi unipolari direttamente interrati (trifoglio)						

PS C2.3 QPS

PARTENZA	3x(1x185)	ALLUMINIO	220	224,7	33,3	30	0,212	
	ARE4H5E AL 20.8/36kV 185mm	XLPE	1	0,7	66,4	2,897*10 ⁸	0,306	
	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]

Cabina smist C2 QCSC2

CS1	24,7	0,107	Trifase	0	24,7	0,151	0,37	0,137	21,4	52,4	19,4
	137,5	0,1	24,7	60,5	22,5				21,4	52,4	19,4
RAMO C2.1	24,7	0,107	Trifase	0	22,9	0,151	0,37	0,137	19,8	52,4	17,9
	137,5	0,101	22,9	60,5	20,7				19,8	52,4	17,9
RAMO C2.2	24,7	0,107	Trifase	0	21,8	0,151	0,37	0,138	18,9	52,4	17,1
	137,5	0,101	21,8	60,5	19,7				18,9	52,4	17,1
SPARE	24,7	0,107	Trifase	0	24,7	0,151	0,37	0,137	21,4	52,4	19,4
	137,5	0,1	24,7	60,5	22,5				21,4	52,4	19,4

Cabina smist C5 QCSC5

CS2	24,7	0,107	Trifase	0	24,7	0,151	0,37	0,137	21,4	52,4	19,4
	137,5	0,1	24,7	60,5	22,5				21,4	52,4	19,4
RAMO C5.1	24,7	0,107	Trifase	0	18,2	0,151	0,37	0,138	15,8	52,4	14,1
	137,6	0,102	18,2	60,5	16,3				15,8	52,4	14,1
RAMO C5.2	24,7	0,107	Trifase	0	24,1	0,151	0,37	0,137	20,9	52,4	19
	137,5	0,101	24,1	60,5	21,9				20,9	52,4	19
SPARE	24,7	0,107	Trifase	0	24,7	0,151	0,37	0,137	21,4	52,4	19,4
	137,5	0,1	24,7	60,5	22,5				21,4	52,4	19,4

PS C2.1 QPS

ARRIVO	22,9	0,169	Trifase	0	22,9	0,151	0,343	0,137	19,8	45	17,9
	137,5	0,101	22,9	51,9	20,7				19,8	44,9	17,9

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]
PARTENZA	22,9	0,169	Trifase	0	19,2	0,151	0,343	0,138	16,6	45	14,8
	137,6	0,102	19,2	51,9	17,2				16,6	44,9	14,9
INVERTER	22,9	0,169	Trifase	0	22,9	0,151	0,343	0,137	19,8	45	17,9
	137,5	0,101	22,9	51,9	20,7				19,8	44,9	17,9

PS C2.4 QPS

ARRIVO	21,8	0,201	Trifase	0	21,8	0,151	0,331	0,138	18,9	41,5	17,1
	137,5	0,101	21,8	47,9	19,7				18,9	41,4	17,1
PARTENZA	21,8	0,201	Trifase	0	20,1	0,151	0,331	0,138	17,4	41,5	15,7
	137,5	0,102	20,1	47,9	18,1				17,4	41,4	15,7
INVERTER	21,8	0,201	Trifase	0	21,8	0,151	0,331	0,138	18,9	41,5	17,1
	137,5	0,101	21,8	47,9	19,7				18,9	41,4	17,1

PS C3.1 QPS

ARRIVO	18,2	0,259	Trifase	0	18,2	0,151	0,312	0,138	15,8	32,6	14,1
	137,6	0,102	18,2	37,6	16,3				15,8	32,5	14,1
PARTENZA	18,2	0,259	Trifase	0	17,8	0,151	0,312	0,138	15,4	32,6	13,8
	137,6	0,103	17,8	37,6	15,9				15,4	32,5	13,8
INVERTER	18,2	0,259	Trifase	0	18,2	0,151	0,312	0,138	15,8	32,6	14,1
	137,6	0,102	18,2	37,6	16,3				15,8	32,5	14,1

PS C5.1 QPS

ARRIVO	24,1	0,121	Trifase	0	24,1	0,151	0,364	0,137	20,9	50,3	19
	137,5	0,101	24,1	58	21,9				20,9	50,3	19

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]
PARTENZA	24,1	0,121	Trifase	0	22,8	0,151	0,364	0,137	19,7	50,3	17,9
	137,5	0,101	22,8	58	20,6				19,7	50,3	17,9
INVERTER	24,1	0,121	Trifase	0	24,1	0,151	0,364	0,137	20,9	50,3	19
	137,5	0,101	24,1	58	21,9				20,9	50,3	19

PS C.1.1 QPS

ARRIVO	19,2	0,282	Trifase	0	19,2	0,151	0,305	0,138	16,6	33,6	14,8
	137,6	0,102	19,2	38,7	17,2				16,6	33,5	14,9
PARTENZA	19,2	0,282	Trifase	0	19,2	0,151	0,305	0,138	16,6	33,6	14,8
	137,6	0,102	19,2	38,7	17,2				16,6	33,5	14,9
INVERTER	19,2	0,282	Trifase	0	19,2	0,151	0,305	0,138	16,6	33,6	14,8
	137,6	0,102	19,2	38,7	17,2				16,6	33,5	14,9

PS C2.3 QPS

ARRIVO	20,1	0,239	Trifase	0	20,1	0,151	0,319	0,138	17,4	36,7	15,7
	137,5	0,102	20,1	42,4	18,1				17,4	36,7	15,7
PARTENZA	20,1	0,239	Trifase	0	19,7	0,151	0,319	0,138	17,1	36,7	15,3
	137,6	0,102	19,7	42,4	17,7				17	36,7	15,3
INVERTER	20,1	0,239	Trifase	0	20,1	0,151	0,319	0,138	17,4	36,7	15,7
	137,5	0,102	20,1	42,4	18,1				17,4	36,7	15,7

PS C3.2 QPS

ARRIVO	17,8	0,268	Trifase	0	17,8	0,151	0,309	0,138	15,4	31,5	13,8
	137,6	0,103	17,8	36,3	15,9				15,4	31,4	13,8

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]
PARTENZA	17,8	0,268	Trifase	0	17,8	0,151	0,309	0,138	15,4	31,5	13,8
	137,6	0,103	17,8	36,3	15,9				15,4	31,4	13,8
INVERTER	17,8	0,268	Trifase	0	17,8	0,151	0,309	0,138	15,4	31,5	13,8
	137,6	0,103	17,8	36,3	15,9				15,4	31,4	13,8

PS C5.2 QPS

ARRIVO	22,8	0,154	Trifase	0	22,8	0,151	0,349	0,137	19,7	45,5	17,9
	137,5	0,101	22,8	52,6	20,6				19,7	45,5	17,9
PARTENZA	22,8	0,154	Trifase	0	22,8	0,151	0,349	0,137	19,7	45,5	17,9
	137,5	0,101	22,8	52,6	20,6				19,7	45,5	17,9
INVERTER	22,8	0,154	Trifase	0	22,8	0,151	0,349	0,137	19,7	45,5	17,9
	137,5	0,101	22,8	52,6	20,6				19,7	45,5	17,9

PS C2.2 QPS

ARRIVO	19,7	0,248	Trifase	0	19,7	0,151	0,316	0,138	17,1	35,6	15,3
	137,6	0,102	19,7	41,1	17,7				17	35,6	15,3
PARTENZA	19,7	0,248	Trifase	0	19,7	0,151	0,316	0,138	17,1	35,6	15,3
	137,6	0,102	19,7	41,1	17,7				17	35,6	15,3
INVERTER	19,7	0,248	Trifase	0	19,7	0,151	0,316	0,138	17,1	35,6	15,3
	137,6	0,102	19,7	41,1	17,7				17	35,6	15,3