



REGIONE SICILIA



Comune di Assoro
Provincia di Enna



Comune di Raddusa
Provincia di Catania



Comune di Enna

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 250MWp "CAPO BIANCO"

in agro dei Comuni di Assoro (EN), Raddusa (CT), Enna

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



CAPOBIANCO s.r.l.

Corso Giacomo Matteotti, 1
20121 Milano
P.IVA e C.F. 12684270965
C.C.I.A. Milano - REA MI-2678645
srl.capobianco@pec.it

PROGETTAZIONE



BIOS IS s.r.l.

Via La Marmora, 51
50121 Firenze
P.IVA e C.F. 06393070484
C.C.I.A. Firenze - REA FI-624950
bios-is@pec.it

DIRETTORE TECNICO

ing. Giuliano Trentini

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE ELETTROTECNICA

NUMERO ELABORATO

04.01.02.04

FOGLIO

FORMATO

DOCX

SCALA

PROGETTISTI

ing. Marcello Cei

COLLABORATORI

p.ind. Antonello Congiu
ing. Giovanni Niccolini Serragli

| | | | | | |
|-----------|------------|-------------------------------------|--|-----------|----------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | 26-01-2024 | Emesso per progettazione definitiva | | CONGIU | CEI TRENTINI |
| Revisione | Data | Descrizione | | Preparato | Verificato Approvato |

Sommario

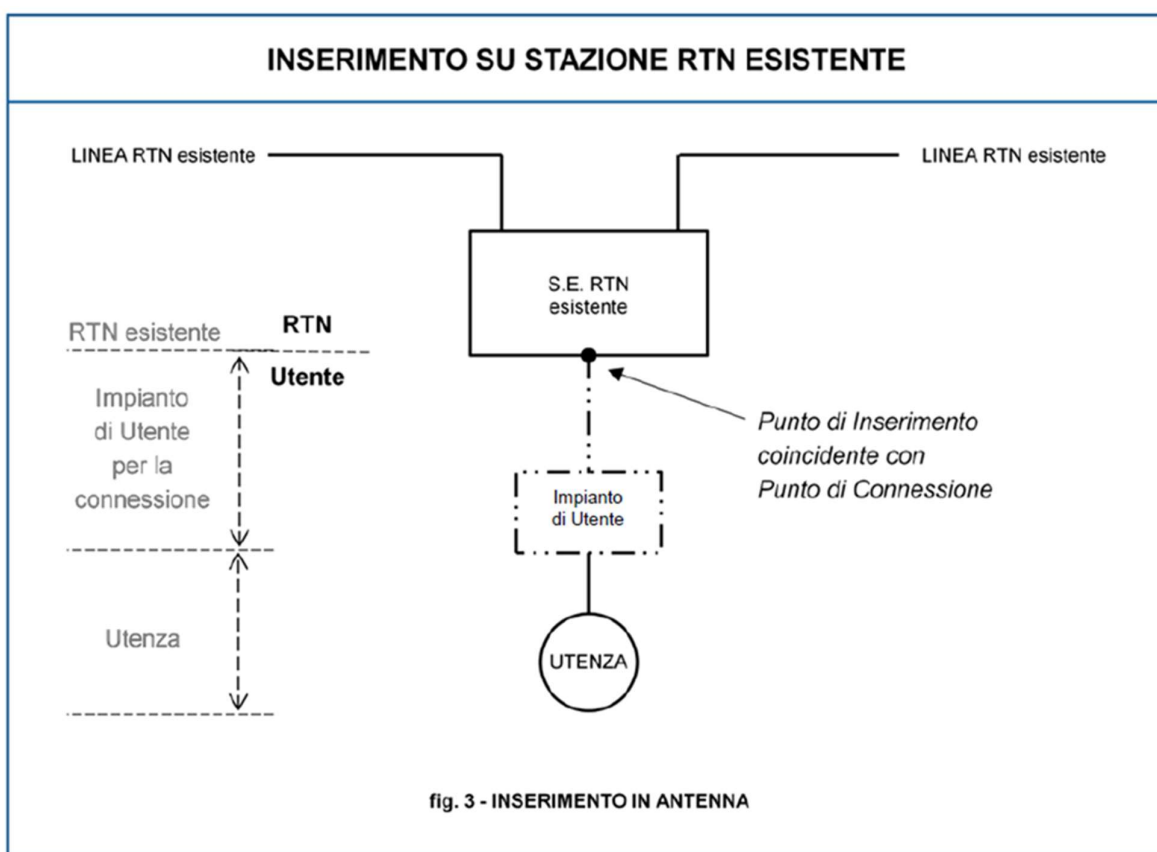
| | |
|--|----|
| 1. PREMESSE | 3 |
| 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE | 4 |
| 3. RIFERIMENTI NORMATIVI | 5 |
| 4. MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE | 11 |
| Protezione dai contatti diretti | 11 |
| Protezione dai contatti indiretti | 11 |
| Protezione dalle sovracorrenti | 12 |
| Sezionamento | 12 |
| 5. QUALITÀ DEI MATERIALI | 12 |
| 6. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 13 |
| 7. SOTTO STAZIONE ELETTRICA (SSE) | 14 |
| 8. DISTRIBUZIONE | 15 |
| Posa Interrata | 15 |
| Cavi | 15 |
| Dorsali 30kV | 16 |
| Dorsali 380kV | 17 |
| Giunti per linea da 380kV io non la metterei | 17 |
| Sistemi di telecomunicazione | 17 |
| Tubazioni | 18 |
| Criteri di dimensionamento dei cavi..... | 18 |
| Verifica della linea di campo..... | 19 |
| Criteri per l'individuazione del tracciato | 19 |
| 9. IMPIANTO DI TERRA..... | 19 |
| 10. TRASFORMATORE BT/MT | 20 |
| 11. TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI BT/BT | 21 |
| 12. CARATTERISTICHE VASCA CONTENIMENTO OLIO | 22 |
| 13. COMPONENTI PRINCIPALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 23 |
| Inverter | 23 |
| Strutture di sostegno..... | 26 |
| Moduli | 28 |
| 14. VERIFICA DIMENSIONAMENTO | 29 |
| Definizioni..... | 29 |
| Adempimenti e riferimenti normativi | 29 |
| Criteri di dimensionamento dei cavi..... | 30 |

1. PREMESSE

Al fine di consentire alla proponente CAPOBIANCO s.r.l. la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di Terna dell'impianto agrivoltaico da 294,986MWp "CAPOBIANCO" in agro dei comuni di Assoro (EN), Raddusa (CT) e Enna, si rende necessaria la realizzazione di una nuova stazione di trasformazione da 380kV lato alta tensione (AT) a 30kV. Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 380 kV mediante cavo sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiamonte Gulfi-Ciminna", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere tecnicamente il progetto per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico, di potenza di picco pari a circa 295 MWp e potenza massima in immissione in rete pari a 250 MVA, la sottostazione elettrica SSE (30/380kV) fino al collegamento alla rete Nazionale.

L'impianto sarà del tipo Grid Connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in Alta Tensione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).



La potenza di picco è la potenza massima in termini di energia elettrica che un impianto fotovoltaico può raggiungere in condizioni standard durante il primo anno di funzionamento, ovvero con: una temperatura di 25°C circa, un irraggiamento solare di 1000 Watt/m² e il sole posizionato in modo da formare un angolo di 48° con lo zenit (1,5 AM)

In sostanza, rappresenta la somma delle potenze nominali dei singoli pannelli fotovoltaici, e viene espressa con la sigla kWp, dove kW sta per kilowatt e p sta per picco.

Si tratta di un'unità di misura standard proprio perché la produzione di energia elettrica dei moduli fotovoltaici non è mai costante, ma varia a seconda di diversi criteri, come: l'inclinazione e l'orientamento dei pannelli,

l'irraggiamento solare della zona di residenza, le condizioni metereologiche. Pertanto, tale valore di picco l'impianto lo potrà erogare solo alle sopra citate condizioni.

Nel progetto è stato considerato che la potenza massima producibile dall'impianto è pari a 250MW, valore che tiene conto dell'effettiva producibilità dell'impianto dalle perdite di conversione CC/AC, dalle perdite dei trasformatori 0,8/30kV e 30/380kV nonché delle perdite dovute alla caduta di tensione dei cavi. In sostanza abbiamo considerato circa 15% in meno dalla Potenza di picco a quella immessa in rete.

L'impianto in oggetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino bifacciali della potenza unitaria di 650Wp, su un terreno mediamente collinare avente destinazione agricola.

I Moduli Fotovoltaici saranno installati su strutture fisse e su tracker, quest'ultimo con ciascuno 28 moduli.

L'impianto sarà corredato da n. 52 Power Station (sottocampi S) di trasformazione 0,8/30kV, n.1 Cabina power center MT che raccoglie tutte le dorsali di collegamento al campo FV all'interno della SSE.

Il progetto prevede 378.980 moduli fotovoltaici per una potenza in corrente continua installata di 246.337,00 KWp installati su strutture fisse e 2.673 Tracker. da 28 moduli, capaci di alloggiare 74.844 moduli fotovoltaici per una potenza di picco di 48.648,60 KWp.

In riferimento alle opere di connessione (sia di utenza che di rete), si segnala che ai sensi della D.Lgs. 387/2003, art. 12 comma 1, "le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti."; inoltre sempre ai sensi del medesimo D.Lgs. art. 12 comma 3 "La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, ivi inclusi gli interventi, anche consistenti in demolizione di manufatti o in interventi di ripristino ambientale, occorrenti per la riqualificazione delle aree di insediamento degli impianti, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, ovvero, per impianti con potenza termica installata pari o superiore ai 300 MW, dal Ministero dello sviluppo economico, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico."

La normativa attuale prevede per impianti di queste dimensioni un punto di consegna, ovvero di inserimento nella rete pubblica nazionale, in alta tensione. Il punto di immissione in rete trovandosi a diversi chilometri rispetto all'area ospitante l'impianto di produzione ha imposto l'utilizzo di una tensione elevata al fine di minimizzare le perdite sulle linee. Tutta la distribuzione a valle del trasformatore AT-MT sarà quindi a 30 kV fino alle cabine MT-BT interne al campo. Per la parte in bassa tensione, in corrente alternata, si è scelto l'utilizzo di apparecchiature che avessero comunque tensioni relativamente elevate. Come si vedrà meglio nel seguito gli inverter avranno un'uscita trifase a 800 V. Nuovamente tale scelta consentirà di ridurre le sezioni delle linee, con riduzione di costi e minor volumi di scavo. Per la parte in bassa tensione in corrente continua (uscita delle stringhe fotovoltaiche) si dimensionerà il campo al fine di creare il minor numero di stringhe possibili. Un minor numero di stringhe, ovvero a parità di potenza stringhe più lunghe, implicano minori perdite sui cavi, minori connessioni elettriche e conseguentemente minori possibilità di guasto, ovvero minori costi di manutenzione. Le tecnologie attuali consentono di operare in corrente continua con tensioni prossime ai 1.500V

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

A servizio dell'impianto fotovoltaico è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

1. Impianto fotovoltaico;

2. Impianto di connessione alla rete elettrica AT e SSE (Sotto Stazione Elettrica);
3. Distribuzione elettrica MT con relative cabine di trasformazione
4. Distribuzione elettrica BT;
5. Impianto di terra;

Più specificatamente la realizzazione dell'impianto comprenderà la realizzazione delle seguenti opere

- a) Installazione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- b) Posa e Cablaggio Moduli Fotovoltaici installati su strutture fisse e in parte con tracker mono-assiali
- c) Posa in opera e cablaggio degli Inverter di Stringa;
- d) Posa in opera di n.52 Power Station poste in campo, ognuna comprensiva di n. 1 Quadro MT (QMT), di n°1 Trasformatore di potenza pari a 6300 kVA o 5000 kVA o 4000 kVA o 3150 kVA o 2000 kVA con rapporto di Trasformazione 30/0,80 kV, n.1 Quadro Generale BT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari rapporto di trasformazione 800/400V;
- e) Realizzazione dorsali MT per il collegamento dalla Sottostazione di Elevazione di Utenza fino alle cabine dei sottocampi (13 dorsali)
- f) Scavi, rinterrati e ripristini per la posa della conduttura di alimentazione principale BT ed MT interne al campo fotovoltaico, dei cavi di energia, segnali e per impianto di terra;
- g) Realizzazione di tutte le condutture principali di distribuzione elettrica per l'alimentazione dei sistemi ausiliari b.t.;
- h) Realizzazione dell'impianto di terra ed equipotenziale costituito da una corda di rame interrata lungo il perimetro dell'edificio ed integrata con picchetti, dai collettori di terra, dai conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali e da tutti i collegamenti PE ed equipotenziali;
- i) Realizzazione della Sottostazione elettrica (SSE);
- j) Posa in Opera di n.1 Cabine power center MT con Control Room in struttura prefabbricata;
- k) Realizzazione della Linea in AT per il collegamento dalla SSE fino allo stallo dedicato nella Sottostazione Terna S.p.A.;

La designazione dettagliata delle opere, le loro caratteristiche e dimensioni sono desumibili dagli elaborati grafici di progetto.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'impianto elettrico oggetto del presente progetto sarà realizzato in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali si segnalano le seguenti principali:

| | |
|--|---|
| Leggi e Decreti | |
| Direttiva Macchine 2006/42/CE. | |
| "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" indicate dal DM del 17 Gennaio 2018, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio 2018, in vigore dal 22 marzo 2018, con nota n. 3187 del Consiglio superiore dei Lavori pubblici (Cslpp) del 21 marzo 2018 e relative circolari applicative della norma. | |
| Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico | |
| D. Lgs 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i. | (Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela |

| | |
|---------------------------|--|
| CEI EN 50110-1 | (Esercizio degli impianti elettrici) |
| CEI 11-27 | (Lavori su impianti elettrici) |
| CEI 0-10 | (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici) |
| CEI UNI EN ISO/IEC 17025: | Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti |
| CEI EN 60445 (CEI 16-2) | Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori |

Sicurezza Elettrica

| | |
|-------------------------|---|
| 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 11-27 | Lavori su impianti elettrici |
| CEI 64-8 | Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua |
| CEI 64-8/7 (Sez.712) | Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari |
| CEI 64-12 | Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e |
| CEI 64-14 | Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori |
| IEC/TS 60479-1 | Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects |
| IEC 60364-7-712 | Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply |
| CEI 64-57 | Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola |
| CEI EN 61140 (CEI 0-13) | Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature |

Normativa Fotovoltaica

| | |
|--------------------------|--|
| ANSI/UL 1703:2002 | Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels |
| IEC/TS 61836 | Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols |
| CEI 82-25 | “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione” |
| CEI EN 50438 (CEI 311-1) | Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione |
| CEI EN 50461 (CEI 82-26) | Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino |
| CEI EN 50521(82-31) | Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove |

| | |
|---|--|
| CEI EN 60891 (CEI 82-5) | Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e |
| CEI EN 60904-1 (CEI 82-1) Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: | Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione |
| CEI EN 60904-2 (CEI 82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2 | Prescrizione per i dispositivi solari di riferimento |
| CEI EN 60904-3 (CEI 82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3 | Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento |
| CEI EN 60904-4 (82-32) Dispositivi fotovoltaici – Parte 4 | Dispositivi solari di riferimento - Procedura per stabilire la tracciabilità della taratura |
| CEI EN 60904-5 (82-10) Dispositivi fotovoltaici – Parte 5 | Determinazione della temperatura equivalente di cella (ETC) dei dispositivi solari fotovoltaici (PV) attraverso il metodo della tensione a circuito aperto |
| CEI EN 60904-7 (82-13) Dispositivi fotovoltaici – Parte 7 | Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici |
| CEI EN 60904-8 (82-19) Dispositivi fotovoltaici – Parte 8: | Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico |
| CEI EN 60904-9 (82-29) Dispositivi fotovoltaici – Parte 9 | Requisiti prestazionali dei simulatori solari |
| CEI EN 60068-2-21 (91-40) 2006 Prove ambientali – Parte 2-21 | Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda |
| CEI EN 61173 (CEI 82-4) | Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida |
| CEI EN 61215 (CEI 82-8) | Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo |
| CEI EN 61646 (CEI 82-12) | Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo |
| CEI EN 61277 (CEI 82-17) | Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – |
| CEI EN 61345 (CEI 82-14) | Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV) |
| CEI EN 61683 (CEI 82-20) | Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza |
| CEI EN 61701 (CEI 82-18) | Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV) |
| CEI EN 61724 (CEI 82-15) | Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati |
| CEI EN 61727 (CEI 82-9) | Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete |
| CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) | Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione |
| CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) | Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove |

| | |
|--------------------------|---|
| CEI EN 61829 (CEI 82-16) | Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V |
| CEI EN 62093 (CEI 82-24) | Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali |
| CEI EN 62108 (82-30) | Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica del progetto e approvazione di tipo |

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

| | |
|----------------------------|--|
| CEI 11-1 | Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata |
| CEI 11-17 | Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo |
| CEI 11-20 | Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria |
| CEI 11-20, V1 | Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante |
| CEI 11-20, V2 | Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori |
| CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) | Esercizio degli impianti elettrici |
| CEI EN 50160 (CEI 8-9) | Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica |

Quadri Elettrici

| | |
|------------------------------|--|
| CEI EN 61439-1 (CEI 17-13/1) | Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS); |
| CEI EN 61439-3 (CEI 17-13/3) | Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di |
| CEI 23-51 | Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare. |

Cavi, cavidotti e accessori

| | |
|------------------|---|
| CEI 20-13 | Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 36 kV |
| CEI 20-14 | Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV |
| CEI-UNEL 35024-1 | 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 |
| CEI-UNEL 35026 | Cavi elettrici isolati 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 20-40 | Guida per l'uso di cavi a bassa tensione |

| | |
|------------------------------|--|
| CEI 20-65 | Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione <i>differente</i> |
| CEI 20-67 | Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV |
| CEI 20-91 | Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in <i>corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in</i> |
| CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) | Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali |
| CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) | Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati |
| CEI EN 50262 (CEI 20-57) | Pressacavo metrici per installazioni elettriche |
| CEI EN 60423 (CEI 23-26) | Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori |
| CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) | Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni <i>generali</i> |
| CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) | Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori |
| CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) | Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori |
| CEI EN 61386-23 (CEI 23-83) | Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori |

Conversione della Potenza

| | |
|----------------------------------|---|
| CEI 22-2 | Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione |
| CEI EN 60146-1-1 (CEI 22-7) | Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni |
| CEI EN 60146-1-3 (CEI 22-8) | Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori |
| CEI UNI EN 45510-2-4 (CEI 22-20) | Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4: Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza |

Scariche atmosferiche e sovratensioni

| | |
|------------------------------|---|
| CEI EN 50164-1 (CEI 81-5) | Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione |
| CEI EN 61643-11 (CEI 37-8) | Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove |
| CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) | Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali |
| CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) | Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio |

| | |
|------------------------------|---|
| CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) | Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone |
| CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) | Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture |

Dispositivi di Potenza

| | |
|---------------------------------------|--|
| CEI EN 50123 (serie) (CEI 9-26 serie) | Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua |
| CEI EN 50178 (CEI 22-15) | Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza |
| CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) |) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento |
| CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) | 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 EN 60947-1 (CEI 17-44) | Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali |
| CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) | Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici |
| CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50) | Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori– Contattori e avviatori elettromeccanici |

Compatibilità Elettromagnetica

| | |
|--------------------------------|---|
| CEI 110-26 | Guida alle norme generiche EMC |
| CEI EN 50263 (CEI 95-9) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione |
| CEI EN 60555-1 (CEI 77-2) | Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni |
| CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione |
| CEI EN 61000-2-4 (CEI 110-27) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti |
| CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di |
| CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-3: Limiti –Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione |
| CEI EN 61000-3-12 (CEI 210-81) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e <= 75 A per |
| CEI EN 61000-6-1 (CEI 210-64) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera |

| | |
|-------------------------------|--|
| CEI EN 61000-6-2 (CEI 210-54) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali |
| CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per |
| CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66) | Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali |

4. MISURE DI PROTEZIONE ADOTTATE

Gli impianti dell'intervento in oggetto saranno realizzati al fine di assicurare:

- la protezione delle persone e dei beni contro i pericoli ed i danni derivanti dal loro utilizzo nelle condizioni che possono ragionevolmente essere previste;
- il loro corretto funzionamento per l'uso previsto

Per raggiungere tali obiettivi saranno adottate le seguenti misure di protezione:

Protezione dai contatti diretti

- Protezione totale contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione, realizzata in conformità al cap. 412 della Norma CEI 64-8 mediante:
- isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio
- involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal dito di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova)

A tal fine saranno impiegati cavi a doppio isolamento (o cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante) e le connessioni saranno racchiuse entro apposite cassette con coperchio apribile mediante attrezzo.

Come protezione addizionale saranno installati a capo di tutti i circuiti terminali destinati all'alimentazione di prese F.M., interruttori differenziali con soglia di intervento 0,03 A

Protezione dai contatti indiretti

Protezione contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, da realizzare mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione secondo il paragrafo 413.1 della Norma CEI 64-8, collegando all'impianto generale di terra dell'edificio tutte le masse presenti negli ambienti considerati ed impiegando interruttori automatici di tipo magnetotermico differenziale, il tutto coordinato in modo da soddisfare in tutti i punti la condizione di cui all'art. 413.1.3.3 della Norma CEI stessa:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

dove:

Z_s = impedenza dell'anello di guasto

I_a = corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo stabilito

U_o = tensione nominale del circuito

E' noto che, nel caso di utilizzo di dispositivi a corrente differenziale, la suddetta relazione è sempre verificata, indipendentemente dal valore di impedenza di guasto riscontrabile nei circuiti da essa derivati.

Limitatamente ai circuiti alimentanti apparecchi illuminanti a doppio isolamento (corridoi, esterni ed impianto di sicurezza), la protezione dai contatti indiretti sarà realizzata utilizzando componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente (condutture e corpi illuminanti) in accordo al paragrafo 413.2 delle Norme CEI 64-8.

Protezione dalle sovracorrenti

Protezione contro il riscaldamento anomalo degli isolanti dei cavi e contro gli sforzi elettromeccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni causati da correnti di sovraccarico o di cortocircuito, da realizzare mediante dispositivi unici di interruzione di tipo magnetotermico installati all'origine di ciascuna conduttura ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, secondo quanto prescritto nel Cap. 43 e nella sez. 473 della Norma CEI 64-8 facendo riferimento alle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei cavi in regime permanente.

A tal fine ogni dispositivo, oltre a possedere un potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di corto circuito presunta nel suo punto di installazione, risponderà alle seguenti due condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

dove:

I_b = corrente di impiego del circuito (Ampère)

I_z = portata in regime permanente della conduttura (Ampère)

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (Ampère)

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite (Ampère).

Sezionamento

Sul lato M.T., l'impianto sarà sezionabile in più punti mediante dispositivi omipolari costituiti dagli stessi interruttori/sezionatori utilizzati per il comando e la protezione delle linee (Quadro MT in dotazione sulla Power Station, Quadri Mt posti nelle Cabine di Testa per ogni sottocampo fotovoltaico).

Per il sezionamento dell'impianto di distribuzione in b.t. potranno venire impiegati tutti i dispositivi omipolari di protezione e comando posti nei vari quadri elettrici a partire dagli interruttori generali b.t. a bordo Inverter per arrivare infine a tutti gli interruttori generali di quadro o agli interruttori divisionali per l'alimentazione dei circuiti terminali destinati alle varie utenze.

5. QUALITÀ DEI MATERIALI

Gli impianti in oggetto sono stati progettati con riferimento a materiali/componenti di Fornitori primari, dotati di Marchio di Qualità, di marchiatura o di autocertificazione del Costruttore attestanti la costruzione a regola d'arte secondo la Normativa tecnica e la Legislazione vigente.

Tutti i materiali/componenti rientranti nel campo di applicazione delle Direttive 73/23/CEE ("Bassa Tensione") e 89/336/CEE ("Compatibilità Elettromagnetica") e successive modifiche/aggiornamenti saranno conformi ai requisiti essenziali in esse contenute e saranno contrassegnati dalla marcatura CE.

Tutti i materiali/componenti presenteranno caratteristiche idonee alle condizioni ambientali e lavorative dei luoghi in cui risulteranno installati.

6. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto sopra descritto è suddiviso in 52 sottocampi ciascuno collegato dalla propria cabina di trasformazione 0,8/30kV.

Di seguito la suddivisione dei sottocampi

Potenza di generazione 294.985,60 kWp.

- s1: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s2: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s3: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s4: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s5: 233,5 strutture - 9340 pannelli - 6,071 MW
- s6: 185 strutture - 70 TRACKER - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s7: 234 strutture - 9380 pannelli - 6,097 MW
- s8: 156 strutture - 6240 pannelli - 4,056 MW
- s9: 131 strutture - 151 TRACKER - 9468 pannelli - 6,1542 MW
- s10: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s11: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s12: 236,5 strutture - 9460 pannelli - 6,149 MW
- s13: 233 strutture - 9380 pannelli - 6,097MW
- s14: 75,5 strutture - 220 TRACKER - 9180 pannelli - 5,967 MW
- s15: 152 strutture - 120 TRACKER - 9460 pannelli - 6,149 MW
- s16: 130 strutture - 147 TRACKER - 9316 pannelli - 6,0554 MW
- s17: 234 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s18: 164 strutture - 100 TRACKER - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s19: 78,5 strutture - 221 TRACKER - 9328 pannelli - 6,0632 MW
- s20: 68 strutture - 147 TRACKER - 6836 pannelli - 4,4434 MW
- s21: 105,5 strutture - 182 TRACKER - 9316 pannelli - 6,0554 MW
- s22: 123,5 strutture - 155 TRACKER - 9280 pannelli - 6,0320 MW
- s23: 235 strutture - 9400 pannelli - 6,110 MW
- s24: 233,5 strutture - 9340 pannelli - 6,071 MW
- s25: 230,5 strutture - 9220 pannelli - 5,993 MW
- s26: 233 strutture - 9360 pannelli - 6,084 MW
- s27: 231,5 strutture - 9260 pannelli - 6,019 MW
- s28: 230,5 strutture - 9220 pannelli - 5,993 MW
- s29: 237,5 strutture - 9500 pannelli - 6,175 MW
- s30: 161,5 strutture - 6460 pannelli - 4,199 MW
- s31: 236 strutture - 9440 pannelli - 6,136 MW
- s32: 188 strutture - 7500 pannelli - 4,875 MW
- s33: 233 strutture - 9320 pannelli - 6,058 MW
- s34: 79 strutture - 3160 pannelli - 2,054 MW
- s35: 236,5 strutture - 9460 pannelli - 6,149 MW
- s36: 235 strutture - 9400 pannelli - 6,110 MW
- s37: 235,5 strutture - 9420 pannelli - 6,123 MW
- s38: 201 strutture - 50 TRACKER - 9440 pannelli - 6,136 MW
- s39: 339 TRACKER - 9492 pannelli - 6,1698 MW
- s40: 329 TRACKER - 9212 pannelli - 5,9878 MW
- s41: 119,5 strutture - 159 TRACKER - 9232 pannelli - 6,0008 MW

- s42: 238,5 strutture - 9540 pannelli - 6,201 MW
- s43: 230 strutture - 9200 pannelli - 5,980 MW
- s44: 109,5 strutture - 4380 pannelli - 2,847 MW
- s45: 233 strutture - 9320 pannelli - 6,058 MW
- s46: 105,5 strutture - 116 TRACKER - 7468 pannelli - 4,8542 MW
- s47: 113 strutture - 4520 pannelli - 2,938 MW
- s48: 198,5 strutture - 7940 pannelli - 5,161 MW
- s49: 178 strutture - 69 TRACKER - 9052 pannelli - 5,8838 MW
- s50: 224 strutture - 8960 pannelli - 5,824 MW
- s51: 214 strutture - 8560 pannelli - 5,564 MW
- s52: 127 strutture - 98 TRACKER - 7824 pannelli - 5,0856 MW

La potenza massima del generatore viene convertita in corrente alternata, mediante l'uso di 882 convertitori statici (inverters di stringa) installati sulle strutture fisse e tracker. La tensione di uscita dagli inverter in AC è pari a 800V.

L'energia generata in uscita dagli inverters sarà distribuita all'interno dell'impianto ad un livello di tensione pari a 30KV previa trasformazione mediante n° 52 Power stations, le quali avranno la funzione di raggruppare e parallelare gli inverters a ciascuna collegata e innalzare il livello di tensione sino a 30KV.

Le canine MT 0,8/30kV sono tra loro collegate in entra esce tramite 13 dorsali che confluiscono nella cabina power center MT, posta all'interno della SSE avrà la funzione di "collettore" di tutta la potenza prodotta.

| RIEPILOGO SOTTOCAMPI-DORSALI | P. MODULI | P. INVERTER | P. TRAFI |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| - DORSALE 1: s2-s3-s4-s5 | 24,323 MW | 21,60 MW | 25,20 MW |
| - DORSALE 2: s1-s6-s7-s8 | 22,321 MW | 19,80 MW | 22,90 MW |
| - DORSALE 3: s12-s13-s14-s18 | 24,297 MW | 21,60 MW | 25,20 MW |
| - DORSALE 4: s16-s17s-s19-s20 | 22,646 MW | 20,40 MW | 23,90 MW |
| - DORSALE 5: s9-s10-s11-s15 | 24,4712 MW | 22,20 MW | 25,20 MW |
| - DORSALE 6: s28-s27-s26-s29 | 24,271 MW | 22,20 MW | 25,20 MW |
| - DORSALE 7: s31-s32-s33-s34-s41 | 25,1238 MW | 22,50 MW | 25,90 MW |
| - DORSALE 8: s23-s24-s25-s30 | 22,373 MW | 20,40 MW | 23,90 MW |
| - DORSALE 9: s21-s22-s35-s36 | 24,3464 MW | 21,60 MW | 25,20 MW |
| - DORSALE 10: s37-s38-s39-s40 | 24,4166 MW | 21,60 MW | 25,20 MW |
| - DORSALE 11: s43-s44-s45-s46 | 19,7392 MW | 18,00 MW | 20,75 MW |
| - DORSALE 12: s42-s47-s48-s49 | 20,1838 MW | 18,30 MW | 20,75 MW |
| - DORSALE 13: s50-s51-s52 | 16,4736 MW | 15,60 MW | 17,60 MW |

Dal Power Center si alimentano i 4 trasformatori elevatori a 380kV (Tensione di esercizio della linea terna) per poter immettere la potenza in rete attraverso la futura Stazione di Derivazione di proprietà TERNA SPA collegata alla nostra con cavi interrati in AT.

7. SOTTO STAZIONE ELETTRICA (SSE)

Come già indicato nelle premesse, l'opera si rende necessaria al fine di permettere l'allacciamento alla RTN dell'impianto FV, conformemente a quanto indicato da Terna S.p.a. nelle rispettive Soluzioni Tecniche Minime Generali (STMG).

La progettazione dell'opera oggetto del presente documento è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

Tra le possibili soluzioni è stata individuata l'ubicazione più funzionale per la nostra SE che tenga conto di tutte le esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. La nuova SSE interessa un'area di circa 15.000m².

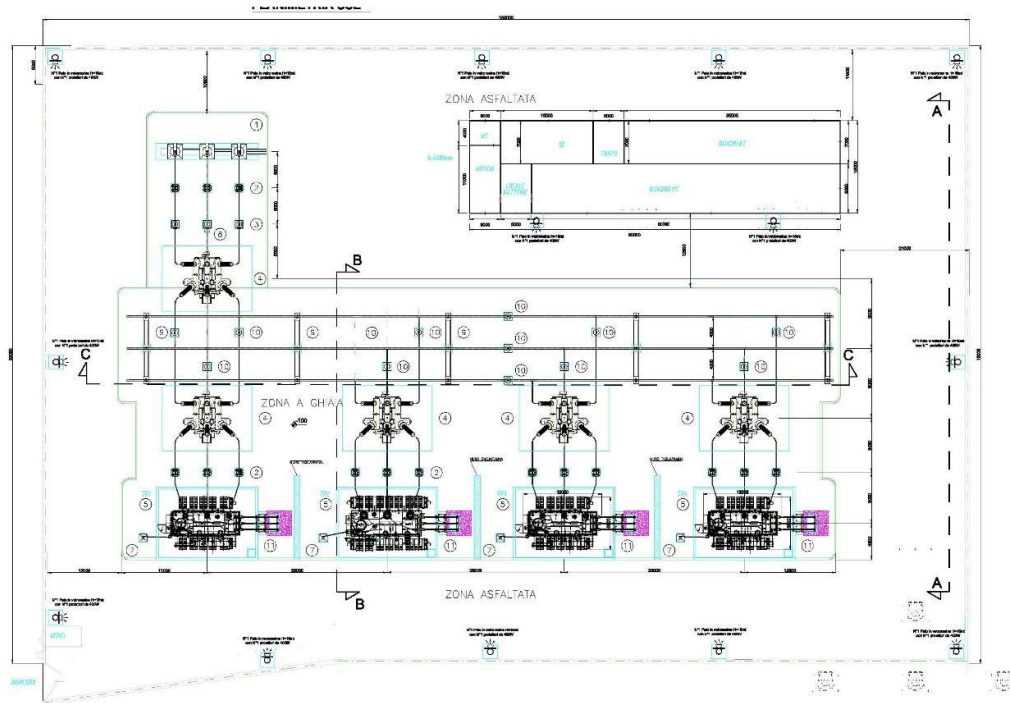


Figura 1 Planimetria SSE

La sezione a 380 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n° 1 sistema a sbarra semplice;
- n° 1 stallo di arrivo aereo e n 4 stalli aerei di alimentazione dei trasformatori.
- n° 4 trasformatori 380kW/30kV 75MVA;

All'interno della SSE vi è la cabina con il quadro MT denominato Power center consta di 4 ingressi ciascuno con interruttore da 2250 A a protezione dei trasformatori, al fine di una corretta manutenzione e miglior gestione del campo fotovoltaico vi sono 3 congiuntori. Il collegamento con i sottocampi avviene tramite le dorsali che alimentano ciascuna 3 o 4 o 5 cabine di trasformazione 30kV/800V, come da schema unifilare. I collegamenti saranno effettuati tramite cavo in alluminio interrato di sezione 500mm².

8. DISTRIBUZIONE

Posa Interrata

La posa dei cavi elettrici costituenti gli impianti in oggetto è stata prevista per quanto riguarda i cavi in ATe MT direttamente interrata. Per quanto riguarda i cavi di stringa in CC questi saranno posati entro tubazione interrata nei tratti di collegamento tra strutture e inverter. Stessa posa tra i cavi AC tra inverter e cabine di trasformazione 0,8/30kV. I cavi di segnale saranno separati da quelli di energia con opportuna tubazione.

Cavi

Negli impianti saranno impiegate le seguenti tipologie di cavi in funzione delle condizioni di posa:

- cavo unipolare H1Z2Z2-K (Cavo solare)
- Cavo MT: ARE4R, Cavi isolati in HDPE sotto guaina di PVC, conduttore in Alluminio, Tensione Nominale di Esercizio 0,6/1KV;
- Cavo MT: ARE4H5E, Cavi isolati in HDPE sotto guaina di PVC, conduttore in Alluminio, Tensione Nominale di Esercizio 18/30 kV;
- Cavo AT:XLPE XLPE con conduttori in fase realizzati in alluminio - 380kV 50Hz
- Cavo di segnale tipo FTP;

La scelta delle sezioni dei cavi è stata effettuata in base alla loro portata nominale (calcolata in base ai criteri di unificazione e di dimensionamento riportati nelle Tabelle CEI-UNEL), alle condizioni di posa e di temperatura, al limite ammesso dalle Norme per quanto riguarda le cadute di tensione massime ammissibili (inferiori al 4%) ed alle caratteristiche di intervento delle protezioni secondo quanto previsto dalle vigenti Norme CEI 64-8.

La portata delle condutture sarà commisurata alla potenza totale che si prevede di installare.

Le sezioni minime previste per i conduttori saranno:

- 2,5 mm² per le linee di distribuzione F.M.
- 1,5 mm² per le linee di distribuzione luce
- 0,5 mm² per i circuiti di comando e segnalazione

Nei circuiti trifase i conduttori di neutro potranno avere sezione inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, con il minimo di 16mm², purché il carico sia sostanzialmente equilibrato ed il conduttore di neutro sia protetto per un cortocircuito in fondo alla linea; in tutti gli altri casi al conduttore di neutro verrà data la stessa sezione dei conduttori di fase.

Nei locali tecnologici saranno installate cassette di derivazione in silumin e/o in materiale plastico autoestinguente (in accordo alla tipologia delle canalizzazioni installate) aventi sempre grado di protezione non inferiore a IP55.

Negli altri ambienti le cassette di derivazione saranno tutte in materiale plastico autoestinguente con grado di protezione non inferiore a IP55 (se esterne) o a IP40 (se incassate).

Dorsali 30kV

La sezione dei conduttori da utilizzarsi è calcolata cautelativamente sulla massima potenza di esercizio pari a 250.000 kW. La potenza espressa è intesa come massima potenza erogabile dai convertitori presenti. Per il calcolo della corrente di impiego viene considerata una tensione nominale di 30 kV e un $\cos\phi = 0,95$. Dal calcolo, tenuto conto dei diversi fattori correttivi (resistività terreno, tipo di posa, profondità di posa. Si prevede di utilizzare n.1 conduttori da 500 mm² per fase.

I cavi saranno posati ad una profondità minima di 1500mm.

La posa sarà a trifoglio. La scelta del trifoglio ci permette di contenere il campo elettromagnetico.

Dorsali 380kV

La sezione dei conduttori da utilizzarsi è calcolata cautelativamente sulla massima potenza di esercizio pari a 250.000 kW. Per il calcolo della corrente di impiego viene considerata una tensione nominale di 380 kV. Si prevede di utilizzare n.1 conduttori da 630 mm² per fase

I cavi saranno posati ad una profondità minima di 1500mm (suolo- dorso superiore del cavo).

Giunti per linea da 380kV io non la metterei

Problemi legati al trasporto e messa in opera dei cavi fanno sì che, in genere, non si realizzino pezzature di cavo superiori ai seicento metri; ecco quindi la necessità di realizzare dei giunti per elettrodotti di lunghezza superiore.

I giunti necessari per il collegamento del cavo in AT saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a metri 400-600 circa l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di appositi loculi. I loculi costituiti da mattoni o blocchetti in calcestruzzo saranno collocati ad una profondità prevalente di m -2,00 ca. (quota fondo buca), saranno riempiti con sabbia e coperti con lastre in calcestruzzo armato, aventi funzione di protezione meccanica. Sul fondo della buca giunti, sarà realizzata una platea di sottofondo in c.l.s, allo scopo di creare un piano stabile sul quale poggiare i supporti dei giunti. Inoltre, sarà realizzata una maglia di terra locale costituita da 4 o più picchetti, collegati fra loro ed alla cassetta di sezionamento, per mezzo di una corda in rame.

Accanto alla buca di giunzione sarà installato un pozzetto per l'alloggiamento della cassetta di sezionamento della guaina dei cavi. Agendo sui collegamenti interni della cassetta è possibile collegare o scollegare le guaine dei cavi dall'impianto di terra.

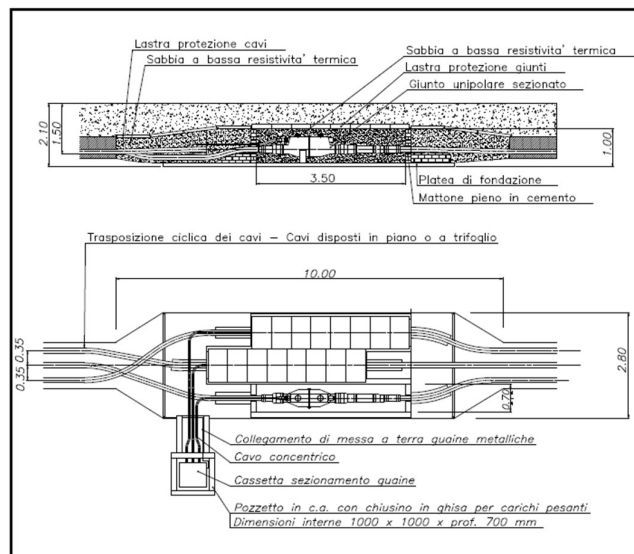


Figura 2 Esempio di buca per giunti cavo

Sistemi di telecomunicazione

Per la trasmissione dati e per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le SSE e le cabine MT; esso sarà costituito da un cavo con 48 fibre ottiche. Anche gli stessi inverter e i motori dei tracker saranno collegati al fine di monitorare in remoto il tutto.

Tubazioni

Le tubazioni impiegate per realizzare gli impianti saranno dei seguenti tipi:

- tubo flessibile in PVC autoestinguento, serie pesante, con Marchio di Qualità, conforme alle Norme EN 50086, con colorazione differenziata in base all'impiego, posato entro cavedio/parete prefabbricata o incassato a parete/pavimento
- tubo flessibile corrugato a doppia parete in polietilene alta densità, o tubo rigido in PVC serie pesante, conforme alle norme EN50086 per posa interrata 450N; caratteristiche dello scavo e la profondità di interramento sono dettagliatamente riportate negli elaborati grafici di progetto

Il diametro interno dei tubi sarà maggiore o al limite uguale a 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in esso contenuti, in ogni caso non inferiore a 16 mm.

I cavi avranno la possibilità di essere infilati e sfilati dalle tubazioni con facilità; nei punti di derivazione dove risulti problematico l'infilaggio, saranno installate scatole di derivazione, in metallo o in PVC a seconda del tipo di tubazioni, complete di coperchio fissato mediante viti filettate.

Le linee elettriche saranno interrate secondo lo schema di massima riportato negli elaborati.

Criteri di dimensionamento dei cavi

Ai fini del dimensionamento dei cavi è stato applicato il “criterio termico” in base al quale il cavo deve avere una sezione tale per cui la sua portata (IZ), nelle condizioni di posa previste da progetto, sia almeno uguale alla corrente di impiego del circuito (IB).

La portata di un cavo, come è noto, dipende dai parametri che influiscono sul bilancio termico a regime e dunque dalla potenza termica sviluppata (sezione e resistività del conduttore), dalla potenza termica ceduta all'ambiente circostante (condizioni di posa) e dal tipo di isolante.

Considerando che le linee di campo si svilupperà all'interno di un sito nella disponibilità del Produttore intercluso alla libera circolazione mentre la dorsale di collegamento con la sezione a 30 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN si svilupperà prevalentemente su strada pubblica, ai fini del dimensionamento delle due tipologie di cavi sono state assunte condizioni di posa differenti, come di seguito indicato.

Linea a 30 kV

- profondità di posa pari a 1,5 m;
- resistività termica del terreno pari a $1 \text{ }^\circ\text{K m/W}$;
- temperatura di posa pari a 20°C ;
- cavi disposti a trifoglio;
- cavi posati direttamente senza protezione meccanica supplementare;
- massimo numero di circuiti presenti all'interno della stessa trincea di scavo pari a 8.

Dorsale a 380 kV di collegamento tra SSE e punto connessione Terna

- profondità di posa non inferiore a 1,5 m;

- resistività termica del terreno pari a $1 \text{ }^\circ\text{K m/W}$;
- temperatura di posa pari a 20°C ;
- cavi disposti in paino;
- cavi posati direttamente nel terreno con protezione meccanica supplementare;
- numero massimo di circuiti presenti all'interno della stessa trincea di scavo: 1 circuito composto da $3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$.

Verifica della linea di campo

Come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, il layout di impianto proposto prevede la realizzazione di n° 13 linee elettriche in cavo interrato a 30 kV a mezzo delle quali le cabine elettriche di trasformazione verranno interconnesse tra loro e collegate al quadro elettrico generale installato all'interno della cabina di raccolta.

La linea è stata dimensionata in funzione della potenza nominale della sezione di generazione, pari alla somma delle potenze nominali di gruppi di conversione ivi previsti, assumendo un fattore di contemporaneità F_{co} unitario. Analogamente a quanto previsto per le linee interne al campo, anche per la dorsale è stata considerata la disposizione delle fasi a trifoglio. Tuttavia, considerando che essa si svilupperà anche su strada pubblica, al fine di ridurre il livello di induzione magnetica generata durante l'esercizio a livello del suolo, è stata ipotizzata una profondità di posa non inferiore a 1,5 m.

Criteri per l'individuazione del tracciato

La progettazione della linea in cavo è stata improntata a criteri di sicurezza, sia per quanto attiene le modalità di realizzazione sia per quanto concerne la compatibilità in esercizio con le opere interferite. La progettazione ha inoltre mirato all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione.

La materia è disciplinata, eccezione fatta per i riempimenti, dalla Norma CEI 11-17 la quale stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare e dagli abituali attrezzi manuali di scavo.

La profondità minima di posa per le strade ad uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade ad uso privato valgono i

seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla Norma CEI 11-17:

- 0,6 m su terreno privato;
- 0,8 m su terreno pubblico.

Ciò nonostante, cautelativamente, è stata prevista una profondità di posa non inferiore a 1,50 m .

9. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di messa a terra sarà realizzato mediante la posa di dispersori di terra del tipo a croce in acciaio zincato, infissi verticalmente nel terreno. I dispersori saranno fra di loro interconnessi tramite corda in rame

nudo di sezione opportuna, posata ad intimo contatto con il terreno, e disposta ad anello attorno al perimetro dei basamenti in calcestruzzo.

Il sistema di terra comprende le maglie interrato intorno alle cabine, i collegamenti tra le cabine e i collegamenti equipotenziali per la protezione dai contatti indiretti, fino ai quadri di parallelo (QP). Ciascuna maglia di terra avrà un layout secondo quanto riportato nei disegni di progetto. L'estensione della rete di terra, realizzata con corda di rame nudo interrato e collegata alle armature di fondazione, dovrebbe garantire un valore della resistenza di terra sufficientemente basso. Solo in caso di necessità in fase di collaudo, a posa e rinterro avvenuto, si procederà all'installazione di picchetti dispersori aggiuntivi.

Tutte le parti metalliche della sezione di impianto in corrente continua (quadri elettrici, SPD, strutture metalliche di sostegno) devono essere rese equipotenziali al terreno, mediante collegamento diretto con la corda di rame nudo interrato.

Tutte le parti metalliche della sezione di impianto in corrente alternata (convertitori, quadri elettrici, SPD, trasformatori) devono essere rese equipotenziali al terreno, mediante collegamento con il centro-stella dei trasformatori MT/bt, a loro volta messi a terra.

I collegamenti di terra sono eseguiti a "regola d'arte" da personale qualificato.

10. TRASFORMATORE BT/MT

A valle degli inverter sono previsti trasformatori in olio a doppio avvolgimento secondario che avranno la funzione di elevare la tensione da 800 V a 30 kV.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in esterno.

Di seguito si riportano le caratteristiche di un trasformatore tipo.

| Dato | Valore |
|--|-------------------------------------|
| Trasformatore STANDARD | conforme a IEC 60076 e IEC 61378 |
| Tipo di trasformatore | Chiuso ermeticamente |
| Raffreddamento | ONAN (olio naturale, aria naturale) |
| Tipo di olio | Olio minerale |
| Frequenza nominale | 50 Hz |
| Gruppo vettoriale | Dd0d0 |
| Altitudine del sito di installazione | fino a 1000 m sim |
| Vita media | > 25 anni |
| Max. squilibrio di potenza | fino al 100% |
| Tensione di corto circuito u KMV-LV | 6% |
| Livello di isolamento MV | fino a 24 kV: 24/50/120 kV |
| Tensione nominale di resistenza CA a sorgente separata a breve durata (rms) BT / MT | 50 kV / 10 kV |
| Tensione nominale di tenuta all'impulso (valore di picco) MT | 120 kV |
| LATO MEDIO DI TENSIONE | |
| Tensione nominale / Tensione operativa | 33,0 kV / 30,0 kV |
| Regolazioni MT (commutatore sotto carico) | -5%, -2,5%, 0%, 2,5%, 5% |
| LATO A BASSA TENSIONE 1-2 | |
| Potenza nominale / Bassa tensione nominale | 2 x 3150 kVA / 800 V CA |
| Corrente nominale (lato LV) | 2280 A |
| Max. Corrente THD (lato LV) | 3% |
| Max. Corrente DC offset (lato BT) | <0,5% |
| Max. tensione di picco tra gli avvolgimenti BT e la terra | 3000 Vp |

11. TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI BT/BT

È previsto un trasformatore BT/bt, in esecuzione a giorno montato in box, dispositivi di protezione (termometro a due contatti e centralina di temperatura collegata con le termosonde inserite nei rispettivi avvolgimenti) ed isolatori a spina.

Caratteristiche tecniche:

- potenza nominale: 50 kVA;
- tensione primaria: 0,8 kV;
- tensione secondaria: 400 V
- gruppo vettoriale: Dyn11;
- tensione di corto circuito: 4%;
- accessori di montaggio.

12. CARATTERISTICHE VASCA CONTENIMENTO OLIO

In accordo al paragrafo 7.6 della norma CEI 11-1, la presenza di olio minerale per l'isolamento del trasformatore di potenza richiede la realizzazione di una vasca di raccolta dell'olio in fuoriuscita dal trasformatore. La vasca contiene i binari in acciaio per la posa del trasformatore, essa è progettata per essere unica ed individuale per il trasformatore installato ed è realizzata in unica fossa contenente il serbatoio di capacità tale da contenere interamente il liquido isolante contenuto nel trasformatore. Deve essere dotata di uno strato di ghiaia con granulosità pari a circa 40-60 mm e profondità 300 mm al fine di consentire l'estinzione della fiamma eventualmente in propagazione con l'olio isolante in fuoriuscita. Le pareti della vasca devono essere interamente impermeabili, e rivestite in modo che il liquido fuoriuscito dal trasformatore in seguito ad incendio non filtri nel terreno andando ad interessare eventuali falde presenti nel sottosuolo. La vasca deve inoltre essere dotata di un dispositivo per il controllo del livello del liquido.

La vasca di raccolta deve avere sezione lunghezza e larghezza pari a quelle del trasformatore aumentate del 20% della sua altezza.



Figura 3 Esempio Vasca contenimento per trasformatore ad olio

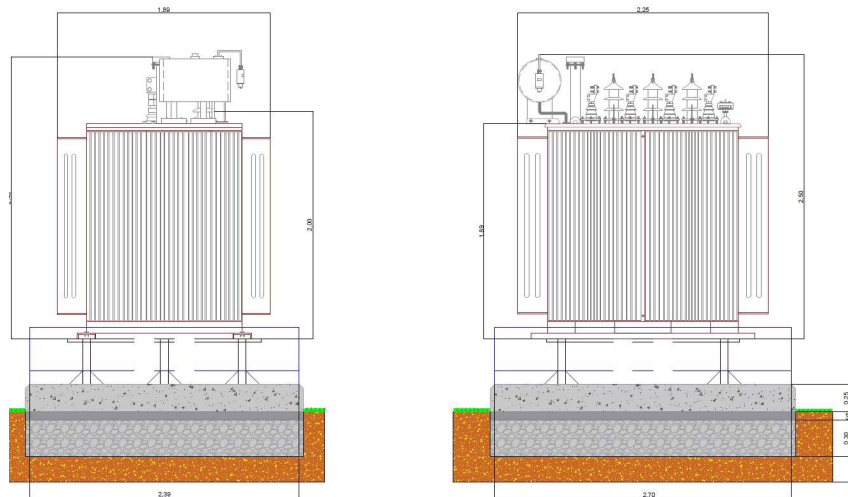


Figura 4 Particolare Vasca contenimento olio

Il trasformatore da 6,3MVA con doppio secondario ha le seguenti misure lpxh= 2,8x1,8x1,8,

La vasca di contenimento dovrà avere le dimensioni di 3,5x2,4x0,3 m. al fine di contenere con margine di sicurezza eventuale fuoriuscita di olio.

Per i trasformatori 30/380kV da 75MVA occorre considerare circa 26500kg di olio trafo che corrispondono a circa 32m³.

Al di sotto del trasformatore vengono realizzate delle vasche di contenimento dove come nella figura sottostante nei setti separatori si alloggia il trasformatore.

La singola vasca comunicante con le altre due ha una capacità di circa 15m³. Pertanto, la capacità contenitiva complessiva è pari a 45m³

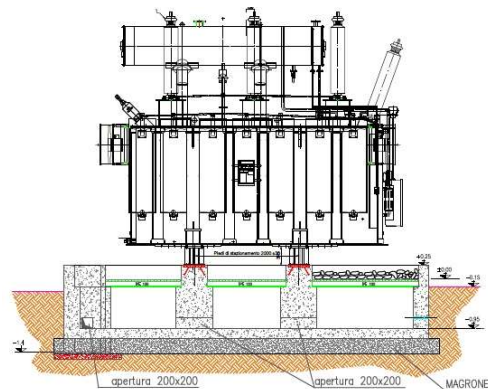


Figura 5 Esempio vasca contenimento trasformatore AT

13. COMPONENTI PRINCIPALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Inverter

Per la conversione dell'Energia Elettrica in Corrente Continua prodotta dai Moduli Fotovoltaici in Corrente Alternata idonea all'immissione nella Rete Elettrica Italiana saranno utilizzati Inverter di Stringa Marca Huawei modello SUN-2000-330KTL-H1 del tipo senza trasformatore interno.

Questa tipologia di Inverter presenta il vantaggio di avere una Tensione Massima di sistema pari a 1.500 Vdc ed una Tensione di Uscita in corrente alternata a 800 Vca ed è in grado di gestire una potenza in ingresso fino a 330 kVA.

Queste caratteristiche consentono di minimizzare le perdite di caduta di tensione con un conseguente significativo vantaggio economico.

SUN2000-330KTL-H1 Smart String Inverter



Un'altra caratteristica importante di questo inverter è la possibilità di Gestire 6 MPPT separati con una drastica riduzione delle perdite per ombreggiamento.

Questo inverter è inoltre dotato di un modulo di alimentazione e di un vano cavi separato in modo da agevolare la sostituzione in fase di guasto, di un sistema di comunicazione con protocollo Mod Bus per una perfetta integrazione con tutti i sistemi esistenti in commercio.

L'efficienza massima dell'Inverte raggiunge il 99 per cento mentre l'Efficienza Europea è del 98,8%.

Le caratteristiche elettriche dell'Inverter sono visibili di seguito.

| Efficiency | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Max. Efficiency | ≥99.0% |
| European Efficiency | ≥98.8% |
| Input | |
| Max. Input Voltage | 1,500 V |
| Number of MPPT Trackers | 6 |
| Max. Current per MPPT | 65 A |
| Max. Short Circuit Current per MPPT | 115 A |
| Max. PV Inputs per MPPT | 4/3/3/4/3/3 |
| Start Voltage | 550 V |
| MPPT Operating Voltage Range | 500 V ~ 1,500 V |
| Nominal Input Voltage | 1,080 V |
| Output | |
| Nominal AC Active Power | 300,000 W |
| Max. AC Apparent Power | 330,000 VA |
| Max. AC Active Power (cosφ=1) | 330,000 W |
| Nominal Output Voltage | 800 V, 3W + PE |
| Rated AC Grid Frequency | 50 Hz / 60 Hz |
| Nominal Output Current | 216.6 A |
| Max. Output Current | 238.2 A |
| Adjustable Power Factor Range | 0.8 LG ... 0.8 LD |
| Total Harmonic Distortion | < 1% |

| Protection | |
|--|---------------------------------------|
| Smart String-Level Disconnect(SSLD) | Yes |
| Anti-islanding Protection | Yes |
| AC Overcurrent Protection | Yes |
| DC Reverse-polarity Protection | Yes |
| PV-array String Fault Monitoring | Yes |
| DC Surge Arrester | Type II |
| AC Surge Arrester | Type II |
| DC Insulation Resistance Detection | Yes |
| AC Grounding Fault Protection | Yes |
| Residual Current Monitoring Unit | Yes |
| Communication | |
| Display | LED Indicators, WLAN + APP |
| USB | Yes |
| MBUS | Yes |
| RS485 | Yes |
| General | |
| Dimensions (W x H x D) | 1,048 x 732 x 395 mm |
| Weight (with mounting plate) | ≤112 kg |
| Operating Temperature Range | -30 °C ~ 60 °C |
| Cooling Method | Smart Air Cooling |
| Max. Operating Altitude without Derating | 4,000 m (13,123 ft.) |
| Relative Humidity | 0 ~ 100% |
| AC Connector | Waterproof Connector + OT/DT Terminal |
| Protection Degree | IP 66 |
| Topology | Transformerless |

Ciascun gruppo di conversione sarà dotato di un dispositivo per il sezionamento, comando ed interruzione atto a svolgere funzione di dispositivo di generatore (DDG). Gli inverter saranno alloggiati in campo.

La taglia delle macchine è stata scelta come compromesso tra l'opportunità di ridurre l'impatto sulla produzione ed il costo di un eventuale fuori servizio (distribuendo la funzione di conversione) e la necessità di assicurare prestazioni e funzioni di controllo evolute tipiche (ancorché non più esclusive) delle macchine

centralizzate. L'utilizzo di cosiddetti inverter "di stringa" da posizionarsi in capo consente inoltre di non dover realizzare ulteriori fabbricati cabina per alloggiare le apparecchiature.

Si noti che ogni singolo inverter avrà in condizioni di normale funzionamento una potenza di uscita pari a 300kW, erogata ad una tensione nominale in bassa tensione pari a 800V.

Il lato corrente continua avrà tensioni variabili in funzione delle temperature di esercizio, comunque nei limiti del funzionamento a MPPT e nel rispetto della tensione massima di ingresso del sistema.

Al fine di agevolare al massimo il cablaggio ottimizzando i tempi di posa, riducendo le possibilità di errore e al fine di agevolare le attività manutentive, la lunghezza delle stringhe è stata accuratamente valutata in concerto con le caratteristiche elettriche dei convertitori ed in funzione della dimensione degli inseguitori. Si adotteranno pertanto stringhe tutte uguali tra loro, con un numero di moduli pari a 27, 28 o 29 a seconda del tipo di configurazione. Ogni stringa verrà connessa al singolo MPPT dell'inverter. Il numero di stringhe per macchina è variabile, in funzione delle singole piastre.

L'elevato numero di "MPPT" unito all'elevato valore di tensione ammessa sul lato corrente continua consente di ottimizzare il numero di stringhe in ingresso alla singola macchina evitando l'installazione di ulteriori quadri in campo. Tale scelta determinerà pertanto un minor impatto visivo dell'installazione oltre che un minor dispendio di risorse sia in fase installativa che in fase manutentiva.

Ogni inverter avrà a bordo tutto quanto necessario per il corretto funzionamento e monitoraggio, con particolare riferimento a:

- controllo di correnti disperse;
- verifica dell'isolamento del campo fotovoltaico da terra;
- sezionamento lato corrente continua;
- protezione da sovratensioni;
- monitoraggio integrato di stringa e funzionalità anti PID (fenomeno di degrado dei moduli fotovoltaici).

Il corretto accoppiamento tra inverter e numero di moduli, visibile negli allegati di calcolo, garantirà elevate efficienze di conversione. Di seguito si riportano le curve di efficienza fornite dal costruttore.

Gli inverter verranno installati in campo, in prossimità del campo fotovoltaico. In generale saranno ancorati a profili metallici, adeguatamente dimensionati, ed infissi nel terreno. Sarà inoltre prevista una lamiera di copertura atta a proteggere i dispositivi dalle intemperie. Le macchine saranno in ogni caso compatibili con l'installazione in ambiente esterno.

Strutture di sostegno

Fisse

Per il sostegno dei Moduli Fotovoltaici sarà utilizzata una Struttura ad inclinazione fissa disposto lungo l'asse in Acciaio Zincato a Caldo ed Alluminio.

Tali strutture permetteranno di installare i moduli con un'inclinazione N-S di ° verso SUD.

La struttura sarà in grado di ospitare da un minimo di n. 14 ad un massimo di n. 84 Moduli Fotovoltaici e sarà installato su pali di fondazione in acciaio zincato infissi nel terreno, senza necessità di opere in calcestruzzo.

Traker

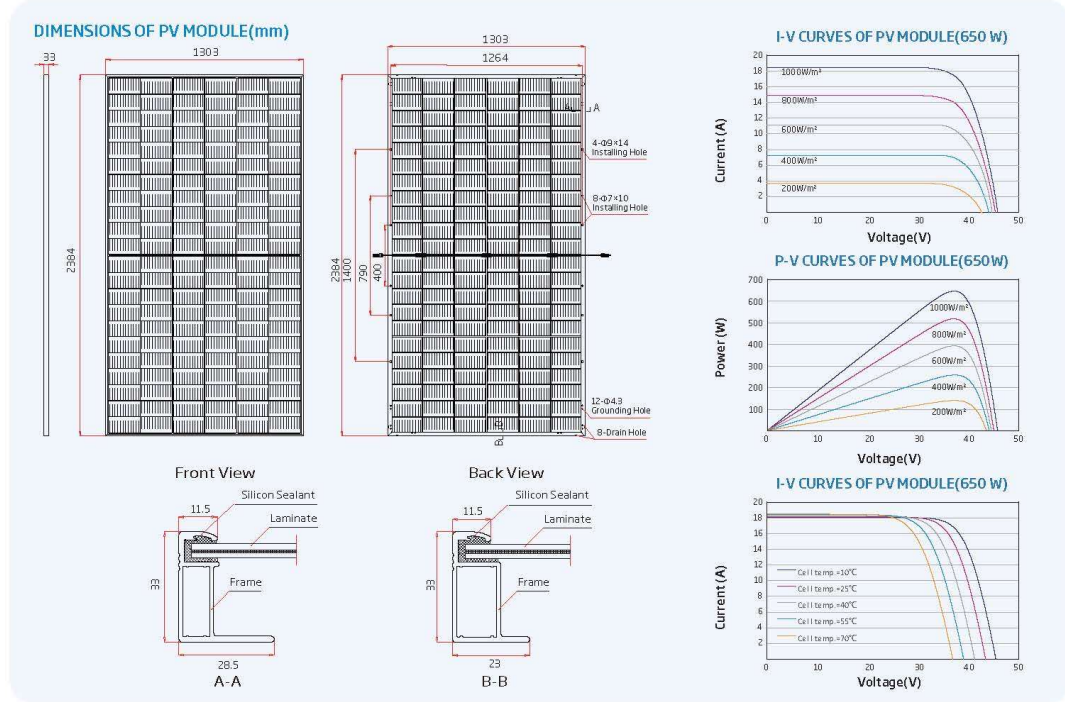
Vista la conformazione del terreno sono stati scelti dei Tracker tali da sfruttare al meglio le difformità del terreno. Le dimensioni del "table tracker" sono di 28 pannelli, ciò consente di creare array altamente versatili ed efficienti e di utilizzare tali strutture in luoghi generalmente considerati inadatti agli inseguitori solari.

Altro dato di rilievo è la leggerezza della struttura in acciaio, solo 25/30kg/kWp. Questo permette una maneggevolezza sia durante l'installazione che, soprattutto durante eventuali manutenzioni. In quanto non richiede l'ausilio di nessuna macchina per movimentarlo. Tale osservazione è di notevole importanza quando si parla di terreni seminati.

L'alimentazione del motore passo passo sarà effettuato con pannello dedicato. (vi è la possibilità di alimentazione direttamente dalla cabina).



Figura 6 Particolare motore tracker



ELECTRICAL DATA (STC)

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Peak Power Watts- P_{max} (Wp)* | 645 | 650 | 655 | 660 | 665 |
| Power Tolerance- P_{max} (W) | 0 ~ +5 | | | | |
| Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V) | 37.5 | 37.7 | 37.9 | 38.1 | 38.3 |
| Maximum Power Current- I_{MPP} (A) | 17.23 | 17.27 | 17.31 | 17.35 | 17.39 |
| Open Circuit Voltage- V_{oc} (V) | 45.3 | 45.5 | 45.7 | 45.9 | 46.1 |
| Short Circuit Current- I_{sc} (A) | 18.31 | 18.35 | 18.40 | 18.45 | 18.50 |
| Module Efficiency η_m (%) | 20.8 | 20.9 | 21.1 | 21.2 | 21.4 |

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total Equivalent power - P_{max} (Wp) | 690 | 696 | 701 | 706 | 712 |
| Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V) | 37.5 | 37.7 | 37.9 | 38.1 | 38.3 |
| Maximum Power Current- I_{MPP} (A) | 18.44 | 18.48 | 18.52 | 18.56 | 18.60 |
| Open Circuit Voltage- V_{oc} (V) | 45.3 | 45.5 | 45.7 | 45.9 | 46.1 |
| Short Circuit Current- I_{sc} (A) | 19.59 | 19.63 | 19.69 | 19.74 | 19.79 |
| Irradiance ratio (rear/front) | | | 10% | | |

Power Bifaciality: 70±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

| | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power- P_{max} (Wp) | 488 | 492 | 495 | 499 | 504 |
| Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V) | 34.9 | 35.1 | 35.2 | 35.4 | 35.6 |
| Maximum Power Current- I_{MPP} (A) | 13.98 | 14.01 | 14.05 | 14.10 | 14.15 |
| Open Circuit Voltage- V_{oc} (V) | 42.7 | 42.9 | 43.0 | 43.2 | 43.4 |
| Short Circuit Current- I_{sc} (A) | 14.75 | 14.79 | 14.83 | 14.87 | 14.91 |

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

| | |
|----------------------|--|
| Solar Cells | Monocrystalline |
| No. of cells | 132 cells |
| Module Dimensions | 2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches) |
| Weight | 38.3 kg (84.4 lb) |
| Front Glass | 2.0 mm (0.08inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass |
| Encapsulant material | POE/EVA |
| Back Glass | 2.0 mm (0.08inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass) |
| Frame | 33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy |
| J-Box | IP 68 rated |
| Cables | Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.006inches²), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized |
| Connector | MC4 EVO2 / TS4* |

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

| | |
|---|-------------|
| NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) | 43°C (±2°C) |
| Temperature Coefficient of P_{max} | -0.34%/°C |
| Temperature Coefficient of V_{oc} | -0.25%/°C |
| Temperature Coefficient of I_{sc} | 0.04%/°C |

MAXIMUM RATINGS

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Operational Temperature | -40~+85°C |
| Maximum System Voltage | 1500V DC (IEC) 1500V DC (UL) |
| Max. Series Fuse Rating | 35A |

WARRANTY

| |
|--------------------------------------|
| 12 year Product Workmanship Warranty |
| 30 year Power Warranty |
| 2% first year degradation |
| 0.45% Annual Power Attenuation |

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

| |
|---------------------------------------|
| Modules per box: 33 pieces |
| Modules per 40' container: 594 pieces |



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2022 Trina Solar Co., Ltd, All rights reserved, Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2022_A

www.trinasolar.com

14. VERIFICA DIMENSIONAMENTO

Definizioni

Ai fini del presente elaborato, oltre alle definizioni contenute nel Glossario dei termini del Codice di Rete e nella normativa di settore, si adottano specificatamente le seguenti.

Impianto di Rete per la connessione: porzione di impianto per la connessione, di competenza del Gestore di rete, compreso tra il punto di inserimento sulla rete esistente e il punto di connessione;

Impianto di Utenza per la Connessione: porzione di impianto per la connessione la cui realizzazione, gestione, esercizio e manutenzione rimangono di competenza dell'Utente;

Impianto per la Connessione: insieme degli impianti di rete e di utenza necessari per la connessione alla rete di un Utente;

Impianto di Utenza: impianto di produzione nella disponibilità dell'Utente;

Stazione Elettrica di Smistamento: officina elettrica che consente di ripartire l'energia elettrica tra linee di una rete elettrica ad uno stesso livello di tensione;

Stazione Elettrica di Trasformazione: officina elettrica che consente di trasferire l'energia elettrica tra reti a tensioni diverse;

Sottostazione Elettrica di Utenza: officina elettrica di trasformazione di proprietà del Produttore che consente di trasformare la tensione del parco di generazione al valore del punto di connessione alla RTN;

Adempimenti e riferimenti normativi

Le norme amministrative che regolano il procedimento di autorizzazione per la costruzione di linee elettriche sotterranee sono le seguenti:

- Regio Decreto 11/12/1933 n° 1775 recante il "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici";
- Legge Regionale, se vigente, in materia di autorizzazione per la costruzione di linee ed impianti elettrici fino a 150 kV.

Per quanto attiene l'aspetto tecnico le norme che disciplinano la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche sotterranee della distribuzione sono:

- DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8";
- DM 21/03/1988 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione, e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", limitatamente all'art. 2.1.17;
- D. Lgs. 285/92 "Codice della strada";
- DPR 16/12/92 n° 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- DPR 16/09/96 n° 610 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n° 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999 "Sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica -Linee in cavo";

- Norma CEI 11-46 "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza";
- Norma CEI 11-47 "Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa".
- Norma CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati".

Criteri di dimensionamento dei cavi

Ai fini del dimensionamento dei cavi è stato applicato il "criterio termico" in base al quale il cavo deve avere una sezione tale per cui la sua portata (IZ), nelle condizioni di posa previste da progetto, sia almeno uguale alla corrente di impiego del circuito (IB).

La portata di un cavo, come è noto, dipende dai parametri che influiscono sul bilancio termico a regime e dunque dalla potenza termica sviluppata (sezione e resistività del conduttore), dalla potenza termica ceduta all'ambiente circostante (condizioni di posa) e dal tipo di isolante.

Considerando che la linea di campo si svilupperà all'interno di un sito nella disponibilità del Produttore intercluso alla libera circolazione mentre parte del collegamento si svilupperà su strada pubblica, ai fini del dimensionamento delle due tipologie di cavi sono state assunte condizioni di posa differenti, come di seguito indicato.

Linee a 30 kV interna al campo

- profondità di posa pari a 1,50 m;
- resistività termica del terreno pari a 1 °K m/W;
- temperatura di posa pari a 20°C;
- cavi disposti a trifoglio;
- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta) senza protezione meccanica supplementare;

Linea a 30 kV di collegamento su strada pubblica

- profondità di posa non inferiore a 1,5 m;
- resistività termica del terreno pari a 1 °K m/W;
- temperatura di posa pari a 20°C;
- cavi disposti a trifoglio;
- cavi posati direttamente nel terreno (posa diretta) senza protezione meccanica supplementare;

Come anticipato in premessa, per entrambe le tipologie di linee, in questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare cavi unipolari ARE4H5E 18/30KV adatti per posa interrata, le cui caratteristiche tecniche vengono di seguito riportate¹:

¹ La scheda tecnica allegata, non costituisce un vincolo in quanto in fase di progettazione esecutiva si potrà fare riferimento ad altri Produttori di cavi in funzione del progresso tecnologico

ARE4H5(AR)E AIR BAG™ COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
Semi conduttivo interno
Mescola estrusa
Isolante
Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)
Semi conduttivo esterno
Mescola estrusa
Rivestimento protettivo
Nastro semiconduttore igroespandente
Schermatura
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
(Rmax 30/Km)
Protezione meccanica
Materiale Polimerico (Air Bag)
Guaina
Polietilene, colore rosso (qualità DMP 2)
Marcatura
PRYSMIAN (***) ARE4H5(AR)E <tensione>
<sezione> <fase 1/2/3> <anno>

(***) siglato prodotto

Marcatura in rilievo ogni metro
Marcatura metrica ad inchiostro

Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Accessori idonei

Terminali
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTs-400 (pag. 132),
FMCTXs-630/C (pag. 136)
Giunti
ECOSPEED™ (pag. 140)

Standard
HD 620/IEC 60502-2

Cable design

Core
Compact stranded aluminium conductor
Inner semi-conducting layer
Extruded compound
Insulation
Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)
Outer semi-conducting layer
Extruded compound
Protective layer
Semi conductive water tight tape
Screen
Aluminium tape longitudinally applied
(Rmax 30/Km)
Mechanical protection
Polymeric material (Air Bag)
Sheath
Polyethylene, red colour (DMP 2 type)
Marking
PRYSMIAN (***) ARE4H5(AR)E <rate d'voltage>
<cross-section> <phase 1/2/3> <year>

(***) product on she label

Embossed marking each meter
Ink-jet meter marking

Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

Suitable accessories

Terminations
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTs-400 (pag. 132),
FMCTXs-630/C (pag. 136)
Joints
ECOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



ARE4H5(AR)E AIR BAG™ COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5(AR)E

| sezione nominale | diametro conduttore | diametro sull'isolante | diametro esterno nominale | peso del cavo | raggio minimo di curvatura | sezione nominale | posa in aria a trifoglio | posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W | posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|---|
| conductor cross-section | conductor diameter | diameter over insulation | nominal outer diameter | weight | minimum bending radius | conductor cross-section | open air installation trifoil | underground installation trifoil p=1 °C m/W | underground installation trifoil p=2 °C m/W |
| (mm ²) | (mm) | (mm) | (mm) | (kg/km) | (mm) | (mm ²) | (A) | (A) | (A) |

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|-----|
| 50 | 8,2 | 18,8 | 34,5 | 810 | 460 |
| 70 | 9,7 | 20,8 | 35,5 | 890 | 490 |
| 95 | 11,4 | 22,1 | 37,0 | 1000 | 490 |
| 120 | 12,9 | 23,2 | 38,2 | 1100 | 510 |
| 150 | 14,0 | 24,5 | 39,5 | 1200 | 520 |
| 185 | 15,8 | 26,1 | 41,5 | 1510 | 550 |
| 240 | 18,2 | 28,5 | 44,0 | 1620 | 590 |
| 300 | 20,8 | 31,7 | 47,6 | 1900 | 650 |
| 400 | 23,8 | 34,9 | 51,5 | 2300 | 690 |
| 500 | 26,7 | 37,8 | 54,5 | 2710 | 750 |
| 650 | 30,5 | 42,4 | 59,5 | 3510 | 800 |

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 50 | 184 | 160 | 129 |
| 70 | 227 | 205 | 157 |
| 95 | 275 | 245 | 187 |
| 120 | 317 | 276 | 212 |
| 150 | 358 | 309 | 256 |
| 185 | 411 | 350 | 267 |
| 240 | 486 | 407 | 309 |
| 300 | 561 | 461 | 349 |
| 400 | 655 | 526 | 398 |
| 500 | 759 | 599 | 452 |
| 650 | 881 | 682 | 515 |

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|-----|
| 50 | 8,2 | 25,5 | 40,7 | 1110 | 550 |
| 70 | 9,7 | 25,6 | 40,8 | 1150 | 550 |
| 95 | 11,4 | 26,5 | 41,8 | 1240 | 560 |
| 120 | 12,9 | 27,4 | 42,9 | 1550 | 580 |
| 150 | 14,0 | 28,1 | 43,6 | 1640 | 580 |
| 185 | 15,8 | 29,5 | 45,1 | 1580 | 600 |
| 240 | 18,2 | 31,5 | 47,4 | 1810 | 650 |
| 300 | 20,8 | 34,7 | 50,9 | 2120 | 670 |
| 400 | 23,8 | 37,8 | 54,6 | 2520 | 750 |
| 500 | 26,7 | 41,0 | 58,1 | 2910 | 770 |
| 650 | 30,5 | 45,6 | 63,0 | 3590 | 840 |

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 50 | 187 | 167 | 151 |
| 70 | 231 | 204 | 159 |
| 95 | 279 | 244 | 189 |
| 120 | 321 | 277 | 214 |
| 150 | 361 | 310 | 258 |
| 185 | 415 | 351 | 269 |
| 240 | 489 | 408 | 311 |
| 300 | 565 | 459 | 350 |
| 400 | 657 | 526 | 399 |
| 500 | 761 | 600 | 455 |
| 650 | 885 | 682 | 515 |

I cavi scelti sono adatti per il trasporto di energia elettrica dal power center alle cabine elettriche di trasformazione 30kV/800 e per essi, ai sensi dell'art.4.3.11 della norma CEI 11-18, è ammessa la posa interrata anche non protetta. Le loro portate, indicate dal Costruttore, sono state calcolate considerando:

- schermi metallici connessi tra loro e a terra ad entrambe le estremità;
- resistività termica del terreno 1 ° C m/W;
- profondità di posa: 1,5 m;
- disposizione a trifoglio.

Definita la tipologia di cavo e le condizioni di posa, ai fini del corretto dimensionamento dei circuiti, è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_Z = I_{z0} K_1 K_2 K_3 K_4 \quad (1)$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego del circuito [A];
- I_Z è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste dal progetto [A];
- I_{z0} è la portata del cavo in condizioni di posa standard, desumibile dalle schede tecniche fornite dai costruttori [A];
- K_1 è il fattore di correzione della portata per profondità di posa diversa da 1,20 m;
- K_2 è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la temperatura di posa è diversa da 20°C;
- K_3 è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la resistività termica del terreno sia diversa da 1 °C m/W;
- K_4 è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui all'interno della stessa trincea di scavo sono presenti più circuiti elettricamente indipendenti.

Il calcolo della corrente di impiego I_B di ciascuna linea è stato condotto considerando prudenzialmente la condizione di esercizio più gravosa, che prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale dei trasformatori interconnessi mentre i valori dei coefficienti correttivi della portata sono stati ricavati dalla Norma CEI 11-17.

I risultati di calcolo ottenuti, vengono riportati nei successivi paragrafi.

Criterio di verifica

Le sezioni scelte sono state verificate dal punto di vista della sollecitazione termica prodotta in occasione di cortocircuito.

Per garantire la protezione, è necessario che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, sia per l'isolamento che per altri materiali con cui il conduttore è a contatto.

Assumendo che il fenomeno termico conseguente al regime di sovracorrente sia di breve durata, in modo tale da potersi considerare di tipo adiabatico, ai fini del corretto dimensionamento della sezione è necessario che sia rispettata la seguente relazione:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K \quad (2)$$

dove:

- S è la sezione del cavo, in mm²;
- I è il valore efficace della corrente di cortocircuito permanente⁴ (A), secondo la definizione di I_k della Norma CEI 11-25;
- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore costituente il cavo;
- t è la durata della corrente di cortocircuito⁵ (s)

Le sezioni scelte sono state verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione, imponendo i seguenti valori massimi ammissibili:

- 7% per la linea dorsale;
- 2% per la linea di campo

a mezzo dell'applicazione della seguente relazione per le linee di derivazione:

$$\Delta V = K_v [r x \sum_{i=1}^n Mif^A + x x \sum_{i=1}^n Miq^A]$$

dove:

- K_v è un coefficiente che per le linee trifasi è pari a $\sqrt{3}$;
- r è la resistenza elettrica del cavo [Ω/km];
- x è la reattanza del cavo [Ω/km];
- n è il numero di cabine elettriche di trasformazione interconnesse;
- $\sum_{i=1}^n Mif^A$ è la somma dei momenti amperometrici in fase, valutati rispetto al punto di derivazione della linea a 30 kV dal quadro elettrico generale installato nella cabina di raccolta;
- $\sum_{i=1}^n Miq^A$ è la somma dei momenti amperometrici in quadratura, valutati rispetto al punto di derivazione della linea a 30 kV dal quadro elettrico generale installato nella cabina di raccolta;
- A è il punto di derivazione della linea sopra menzionato.

mentre per la dorsale è stata applicata la seguente relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} (r L I \cos\phi + x L I \sin\phi)$$

dove:

- ΔV è la caduta di tensione in valore assoluto [V];
- r è la resistenza elettrica del cavo [Ω/km];
- x è la reattanza del cavo [Ω/km];
- L è la lunghezza della linea [km];
- I è il valore efficace della corrente di linea [A];
- $\cos\phi$ è il fattore di potenza.

Dimensionamento e verifica della linea di campo MT

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, a cui si rimanda per una maggiore comprensione di quanto descritto, il layout di impianto proposto.

In linea di massima, come si evince dallo schema unifilare, ciascuna dorsale collega 4 cabine di trasformazione 30kV/800V in entra esce per una potenza complessiva di circa 24MW, visto la lunghezza, tenuto conto della corrente d'impiego I_b la sezione commerciale che soddisfa la (1) e la (2) è quella da 500mm².

Dimensionamento e verifica della linea di campo AT

Di seguito la scheda tecnica del cavo in AT

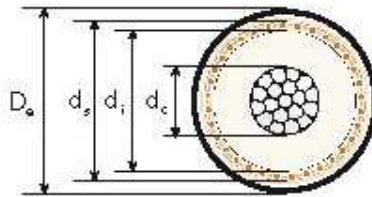
HV XLPE CABLE WITH COPPER WIRES SCREEN AND ALUMINIUM LAMINATED FOIL 220/380 ÷ 400 (420) kV

XRUHAKXS according to ZN-TF-530

A2XS(FL)2Y according to IEC 62067

50

ALUMINIUM CONDUCTOR



| Cross section of conductor | Diameter of conductor | Insulation | | Metallic screen | | D _o Outer diameter of cable | Cable weight | Maximum pulling force | Minimal bending radius |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|--|--------------|-----------------------|------------------------|
| | | Nominal thickness | Diameter over insulation | Cross section | Diameter over screen | | | | |
| mm ² | mm | mm | mm | mm ² | mm | mm | kg/km | kN | m |
| 630RM | 29.3** | 32.0 | 97.5 | 150 | 104.7 | 116 | 12040 | 221 | 2.9 |
| 800RM | 33.0** | 31.0 | 99.2 | 150 | 106.4 | 118 | 12640 | 28.0 | 3.0 |
| 1000RM | 39.0** | 30.0 | 102.2 | 150 | 109.4 | 121 | 13490 | 35.0 | 3.0 |
| 1200RM | 42.5** | 28.0 | 102.7 | 150 | 109.9 | 122 | 13910 | 42.0 | 3.0 |
| 1200RMS | 43.0** | 28.0 | 103.2 | 150 | 110.4 | 122 | 13950 | 42.0 | 3.1 |
| 1400RMS | 45.1** | 27.0 | 103.3 | 150 | 110.5 | 122 | 14270 | 49.0 | 3.1 |
| 1600RMS | 49.5** | 27.0 | 106.7 | 150 | 112.9 | 126 | 15340 | 56.0 | 3.1 |
| 1800RMS | 52.7** | 27.0 | 110.9 | 150 | 118.1 | 130 | 16540 | 63.0 | 3.2 |
| 2000RMS | 54.5** | 27.0 | 112.7 | 150 | 119.9 | 132 | 17210 | 70.0 | 3.3 |
| 2500RMS | 59.0** | 27.0 | 118.2 | 150 | 125.4 | 138 | 19010 | 97.5 | 3.5 |
| 3000RMS | 67.0** | 27.0 | 126.2 | 150 | 133.4 | 147 | 21920 | 100.0 | 3.7 |

HV XLPE CABLE WITH COPPER WIRES SCREEN AND ALUMINIUM LAMINATED FOIL

220/380 ÷ 400 (420) kV

Electrical data

D_c – Cable diameter

Cables in flat formation, the distance between the cable axes = $2 \times D_c$



Cables in trefoil formation, the distance between the cable axes = D_c



51

| Cross section of conductor | Resistance of conductor 90°C | Electrical field stress at the | | Capacitance | Zero reactance | Inductance | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|----------------|------------|-------|
| | | conductor | insulation | | | Inductance | |
| mm ² | Ω/km | kV/mm | | μF/km | Ω/km | Ω/km | |
| 630RM | 0.0622 | 12.30 | 4.25 | 0.125 | 0.097 | 0.205 | 0.150 |
| 800RM | 0.0498 | 12.10 | 4.55 | 0.140 | 0.091 | 0.200 | 0.145 |
| 1000RM | 0.0408 | 11.80 | 4.90 | 0.155 | 0.084 | 0.195 | 0.135 |
| 1200RM | 0.0359 | 12.00 | 5.45 | 0.170 | 0.077 | 0.185 | 0.130 |
| 1200RMS | 0.0319 | 11.95 | 5.45 | 0.170 | 0.076 | 0.185 | 0.130 |
| 1400RMS | 0.0275 | 12.10 | 5.80 | 0.180 | 0.074 | 0.180 | 0.125 |
| 1600RMS | 0.0242 | 11.85 | 5.85 | 0.190 | 0.071 | 0.180 | 0.120 |
| 1800RMS | 0.0216 | 11.60 | 5.95 | 0.200 | 0.068 | 0.175 | 0.120 |
| 2000RMS | 0.0195 | 11.50 | 6.00 | 0.205 | 0.067 | 0.175 | 0.115 |
| 2500RMS | 0.0168 | 11.25 | 6.10 | 0.220 | 0.065 | 0.170 | 0.115 |
| 3000RMS | 0.0130 | 10.95 | 6.25 | 0.240 | 0.061 | 0.170 | 0.110 |

ALUMINIUM 220/380 ÷ 400 (420) kV, 290/500 (550) kV

128

Current rating for single-core cables – amperes

Cross
section of
conductor

| mm ² | Configurations | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-----------|-------|---------|-------|-----------|-------|---------------|-------|-----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | SPP; CB | | Both-ends | | SPP; CB | | Both-ends | | SPP; CB | | Both-ends | | SPP; CB | | Both-ends | |
| | Cables in earth | | | | | | | | Cables in air | | | | | | | |
| | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C | 65 °C | 90 °C |
| 630RM | 585 | 720 | 460 | 570 | 545 | 675 | 500 | 620 | 660 | 890 | 570 | 785 | 600 | 820 | 570 | 785 |
| 800RM | 665 | 820 | 490 | 615 | 615 | 765 | 550 | 690 | 760 | 1030 | 660 | 880 | 685 | 945 | 640 | 890 |
| 1000RM | 750 | 925 | 520 | 655 | 690 | 855 | 600 | 755 | 870 | 1185 | 700 | 975 | 785 | 1080 | 720 | 1005 |
| 1200RM | 810 | 1005 | 540 | 680 | 740 | 925 | 635 | 800 | 960 | 1310 | 745 | 1045 | 860 | 1190 | 775 | 1090 |
| 1200RMS | 850 | 1045 | 550 | 695 | 780 | 970 | 655 | 830 | 1005 | 1365 | 765 | 1070 | 905 | 1245 | 815 | 1135 |
| 1400RMS | 915 | 1135 | 565 | 715 | 840 | 1050 | 690 | 875 | 1100 | 1495 | 805 | 1130 | 985 | 1360 | 870 | 1220 |
| 1600RMS | 980 | 1215 | 580 | 735 | 900 | 1120 | 720 | 920 | 1195 | 1630 | 845 | 1190 | 1065 | 1475 | 925 | 1305 |
| 1800RMS | 1045 | 1300 | 590 | 750 | 955 | 1195 | 745 | 955 | 1300 | 1770 | 880 | 1245 | 1150 | 1600 | 980 | 1390 |
| 2000RMS | 1105 | 1370 | 600 | 765 | 1000 | 1255 | 770 | 990 | 1375 | 1875 | 905 | 1285 | 1215 | 1690 | 1020 | 1450 |
| 2500RMS | 1195 | 1490 | 615 | 780 | 1075 | 1355 | 800 | 1035 | 1520 | 2075 | 950 | 1350 | 1335 | 1860 | 1090 | 1560 |
| 3000RMS | 1375 | 1720 | 640 | 815 | 1220 | 1550 | 860 | 1115 | 1785 | 2450 | 1020 | 1460 | 1555 | 2175 | 1210 | 1750 |

SPB – Single Point Bonding; CB – Cross-bonding Both-ends; BE – Both-ends bonding

Tensione esercizio: 380 kV

Potenza 250 MW

$\cos \varphi = 0,95$

$$\text{Corrente Impiego } I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = 455 \text{ A}$$

Per quanto riguarda il calcolo di verifica della caduta di tensione si avrà:

$$DV = K * L * I * (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Dove:

$K = \sqrt{3}$ per linea trifase;

L = lunghezza della linea in km;

I = corrente in Ampere;

R = resistenza elettrica chilometrica apparente di fase alla Teser. in W/ km;

X = reattanza di fase della linea in Ω/km ;

φ = angolo di sfasamento.

La caduta di tensione è stata calcolata considerando una tratta L pari a 7,2km e i valori ottenuti sono stati sommati, nei tratti che risultano in serie, per avere un risultato totale della caduta di tensione di ciascuna linea costituente l'elettrodotto interrato.

Infine, è stata calcolata anche la caduta di tensione percentuale in relazione alla tensione di esercizio del cavo interrato:

$$DV\% = DVTot / Veserc. < 1\%$$

Il cavo scelto con sezione di 630mm² soddisfa le condizioni (1) e (2).