

PROGETTO:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO
POTENZA NOMINALE 9.681,12 KWp**

LOCALIZZAZIONE:

località San Gerolamo
COMUNE DI TROIA (FG)

Codice elaborato

0XUWSL7_CalcoliImpianti _03

data

GIUGNO 2022

Descrizione elaborato:

CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTI

FIRME:

PROGETTAZIONE



AP ENGINEERS S.R.L.

AP Engineers srl,
viale dell'Artigianato n.13
Lucera (Fg)

REVISIONI	05				
	04				
	03				
	02				
	01				
	00	Giugno 2022	Prima emissione - REV 0	ing. P. Bonante	ing. L. Piacquadio
	N.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO

Sommario

Oggetto.....	2
Ubicazione del sito di impianto	2
Riferimenti Normativi	5
Misure di Protezione Adottate	13
Protezione dai Contatti Diretti	14
Protezione dalle Sovracorrenti.....	15
Sezionamento	15
Qualita' dei Materiali.....	16
Descrizione Generale dell'impianto Elettrico.....	16
Componenti Principali dell'impianto Fotovoltaico.....	17
Moduli Fotovoltaici.....	17
Convertitori di Potenza.....	21
Strutture di supporto.....	23
Cavi e quadri di campo	25
Quadro di parallelo stringa (SMART STRING BOX)	26
Quadro MT	28
Correnti circolanti nell'impianto	28
Sorveglianza.....	28
Illuminazione	29
Protezione contro i contatti diretti.....	30
Protezione contro i contatti indiretti.....	30
DETERMINAZIONE DELLE CORRENTI DI IMPIEGO	31
DIMENSIONAMENTO DEI CAVI.....	33
INTEGRALE DI JOULE.....	35
CADUTE DI TENSIONE	36
DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO	38
DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE	38
CALCOLO DEI GUASTI	39
CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTO CIRCUITO	39
SCELTA DELLE PROTEZIONI	43
VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE	44

Oggetto

Dati relativi alla società proponente: TS ENERGY APULIA S.R.L.	
Sede Legale	Viale Alberico Albricci n.7 – 20122 Milano (MI)
P.IVA e C.F.	10703440965
Numero REA	MI - 2551006
Legale Rappresentante	Beltran Ochando Ismael

Il Presente documento è redatto ai fini della costruzione (conforme alle vigenti prescrizioni di legge) di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 9,681 MW_p e delle relative opere di connessione alla rete di distribuzione nazionale incluso tutte le infrastrutture indispensabili al suo funzionamento.

Ubicazione del sito di impianto

Il sito sul quale sarà realizzato l'impianto fotovoltaico ricopre una superficie di circa 17,7 ettari. Esso ricade nel comune di Troia, ad una distanza di circa 2,5 Km a Sud-Est dal centro urbano, in Località San Gerolamo.

Nella figura successiva si mostra l'inquadramento su base IGM dell'impianto:

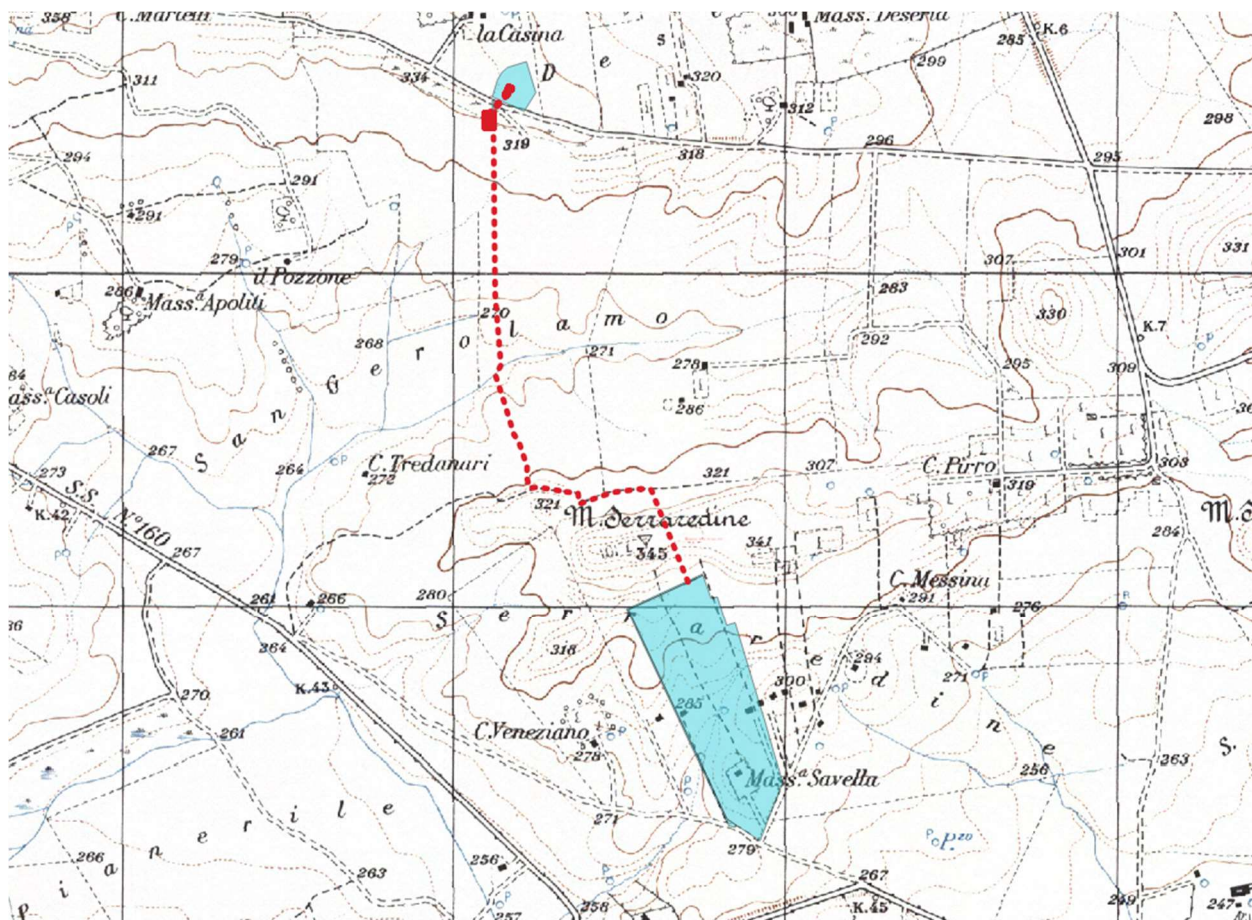


Figura 1: Stralcio IGM

L'impianto di produzione è ubicato secondo il N.C.E.U. al Foglio n. 25 ed alle particelle 58 – 60 - 63 – 64 – 160 - 176 - 179 – 180 – 181 – 182 – 183 - 184 – 191 – 192 – 194 - 195 – 198 – 219 del comune di Troia, Località San Gerolamo, in provincia di Foggia di seguito si riportano le coordinate geografiche e l'ubicazione:

Latitudine: N 41°21'5.61

Longitudine: E 15°21'10.47°

Altitudine: 300 m s.l.m.

Su tale area vanno installati i pannelli fotovoltaici di progetto e realizzate le relative opere accessorie.

Nell'immagine sottostante si mostra uno stralcio di inquadramento su base Ortofoto relativo all'impianto di produzione:



Descrizione delle Opere

Al fine di chiarire gli interventi finalizzati alla posa in opera degli impianti fotovoltaici in oggetto si riporta anche una descrizione sintetica delle principali parti costituenti un impianto di questa tipologia.

Infine, l'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio della quantità di energia prodotta ed immessa in rete dell'impianto e di tutte le prestazioni dei principali componenti dell'impianto (inverter, stringhe, ecc.).

Le opere trattano la realizzazione dell'impianto fotovoltaico della potenza nominale pari 9,681 MW_p che consisteranno nella:

- Realizzazione di una recinzione con cancelli di ingresso all' impianto di produzione;
- Realizzazione degli impianti di produzione di energia elettrica consistenti in strutture di sostegno infisse al suolo del tipo monoassiale, tipo tracker con possibilità di orientamento Est-Ovest, moduli fotovoltaici, collegamenti elettrici in CC e AC;
- N.1 Cabine Utente prefabbricate in CAV interna all'impianto di produzione;
- N. 2 Aree di accumulo batterie interne all'impianto di produzione;
- N. 2 Inverter + Trafo interni all'impianto di produzione;
- Impianto di videosorveglianza e antintrusione;
- Strade a servizio all'impianto;
- Realizzazione di Elettrodotto Utente interrato in Media Tensione della lunghezza complessiva pari a 1880 m dall'impianto di produzione alla Sottostazione Utente;
- N. 1 Sottostazione Utente;
- N. 1 Stallo di Consegna interno alla Cabina Primaria "Troia CP" esistente;
- Realizzazione di elettrodotto aereo per le opere di rete in alta tensione a 150 kV realizzato per conto di E-distribuzione della lunghezza complessiva 101,10 m intercorrente tra la Sottostazione Utente e lo Stallo di Consegna in cabina Primaria "Troia CP" esistente.

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 della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).
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 elettrici
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 terziario;
- **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 systems;
- **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 produzione distribuita;

- **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 irraggiamento;
- **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 – Generalità e guida;
- **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;

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 distribuzione ASD;
- **CEI 23-51** Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

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 Cavi, cavidotti e accessori;

Cavi, cavidotti e accessori

- **CEI 20-13** Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 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 posa in aria;
- **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 differente;
- **CEI 20-67** Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;
- **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 corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici;
- **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 generali;
- **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 fondamentali
- **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 simili – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata;
- **CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2)** Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e simili - 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 industriali;
- **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 ingresso 16 A per fase);
- **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 $> 16\text{ A}$ e $\leq 75\text{ A}$ per fase;
- **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 gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera;
- **CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66)** Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali;

Misure di Protezione Adottate

Gli impianti 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:

- 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 Diretti

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:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

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 condotta 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 condotta (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 omnipolari costituiti dagli stessi interruttori/sezionatori utilizzati per il comando e la protezione delle linee (Quadro MT in dotazione sulle Cabine di Trasformazione,).

Per il sezionamento dell'impianto di distribuzione in B.T. potranno venire impiegati tutti i dispositivi omnipolari 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.

Qualita' 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.

Descrizione Generale dell'impianto Elettrico

Il progetto prevede la realizzazione di n. 1 impianto fotovoltaico della potenza pari a 9,681 MW, in regime di cessione totale.

L'impianto sarà del tipo Tracker in media tensione (MT).

Si tratta di impianti con inclinazione orientabile da Est verso Ovest, in modo da poter seguire l'andamento del sole e ottimizzare la produzione con singolo modulo posto singolarmente.

L'impianto, dunque, sarà costituito da un totale di 23328 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 9,681 MW_p.

Le opere previste per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico e consisteranno nella:

- Realizzazione di una recinzione con cancelli di ingresso all' impianto di produzione;
- Realizzazione degli impianti di produzione di energia elettrica consistenti in strutture di sostegno infisse al suolo del tipo monoassiale, tipo tracker con possibilità di orientamento Est-Ovest, moduli fotovoltaici, collegamenti elettrici in CC e AC;
- N.1 Cabine Utente prefabbricate in CAV interna all'impianto di produzione;

- N. 2 Aree di accumulo batterie interne all'impianto di produzione;
- N. 2 Inverter + Trafo interni all'impianto di produzione;
- Impianto di videosorveglianza e antintrusione;
- Strade a servizio all'impianto;
- Realizzazione di Elettrodotto Utente interrato in Media Tensione della lunghezza complessiva pari a 1880 m dall'impianto di produzione alla Sottostazione Utente;
- N. 1 Sottostazione Utente;
- N. 1 Stallo di Consegna interno alla Cabina Primaria "Troia CP" esistente;
- Realizzazione di elettrodotto aereo per le opere di rete in alta tensione a 150 kV realizzato per conto di E-distribuzione intercorrente tra la Sottostazione Utente e lo Stallo di Consegna in cabina Primaria "Troia CP" esistente.

Componenti Principali dell'impianto Fotovoltaico

Per una migliore descrizione delle caratteristiche tecniche di tutte le apparecchiature è stato predisposto un Elaborato tecnico Specifico ("Disciplinare Descrittivo e Prestazionale") al quale si rimanda per qualsiasi approfondimento.

Moduli Fotovoltaici

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 120 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 415 W_p.

L'impianto sarà costituito da un totale di 23328 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 9,681 MW_p.

Le caratteristiche principali della tipologia di moduli scelti è la seguente:

Caratteristiche geometriche e dati meccanici

Dimensioni (LxAxP): 2008x1002x35mm

Tipo celle: in silicio monocristallino

Telaio: alluminio

Peso: 22,5 kg

Caratteristiche elettriche (in STC)

Potenza di picco (W_p) [W]: 415

Tensione a circuito aperto (V_{oc}) [V]: 41.7

Tensione al punto di massima potenza (V_{mp}) [V]: 34.5

Corrente al punto di massima potenza (I_{mp}) [A]: 17.34

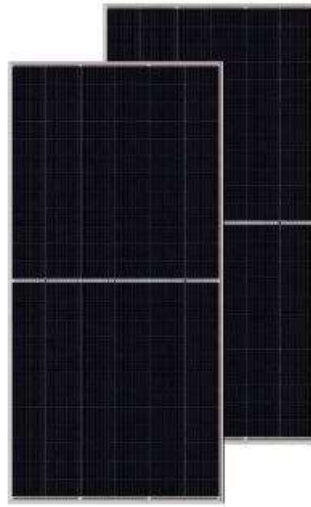
BISTAR

TP6F72M
TP6F72M(H)

144 half-cell

395 - 415W

9BB half-cut mono perc



KEY FEATURES



9BB half-cut cell technology

New circuit design, lower internal current, lower Rs loss



Significantly lower the risk of hot spot

Special circuit design with much lower hot spot temperature



Lower LCOE

2% more power generation, lower LCOE



Excellent Anti-PID performance

2 times of industry standard Anti-PID test by TUV SUD



IP68 junction box

High waterproof level

SYSTEM & PRODUCT CERTIFICATES

- IEC 61215 / IEC 61730 / UL 1703
- ISO 9001: 2015 Quality Management System
- ISO 14001: 2015 Environment Management System
- ISO 45001: 2018 Occupational Health and Safety Management Systems



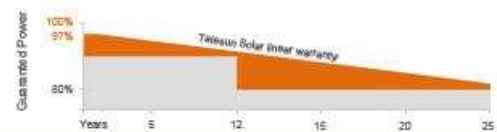
PERFORMANCE WARRANTY

12
years
power
warranty

25
years
linear
warranty

Linear Performance Warranty

Standard Performance Warranty



ELECTRICAL PARAMETERS

Performance at STC (Power Tolerance 0 ~ +3%)

Maximum Power (Pmax/W)	395	400	405	410	415
Operating Voltage (Vmpp/V)	40.3	40.5	40.7	40.9	41.1
Operating Current (Impp/A)	9.81	9.89	9.96	10.04	10.11
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	48.9	49.1	49.3	49.5	49.8
Short-Circuit Current (Isc/A)	10.35	10.43	10.50	10.58	10.66
Module Efficiency $\eta_m(\%)$	19.6	19.9	20.1	20.4	20.6

Performance at NMOT

Maximum Power (Pmax/W)	294	298	302	305	309
Operating Voltage (Vmpp/V)	37.5	37.7	37.9	38.0	38.3
Operating Current (Impp/A)	7.85	7.93	7.98	8.04	8.09
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	45.5	45.7	45.9	46.1	46.4
Short-Circuit Current (Isc/A)	8.35	8.42	8.48	8.54	8.60

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Air Mass AM1.5, Wind Speed 1m/s

MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Monocrystalline
Cell Dimensions	158.75*158.75mm
Cell Arrangement	144 (6*24)
Weight	22.5kg (49.6lbs)
Module Dimensions	2008*1002*35mm (79.08*39.45*1.38inches)
Cable Length	Portrait 300mm/Landscape 1200mm/Customized
Cable Cross Section Size	TUV: 4mm ² (0.006inches ²)/UL: 12AWG
Front Glass	3.2mm (0.13inches) AR Coating Tempered Glass
No. of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	31pcs/carton, 682pcs/40hq
Packing Configuration (2)	31+4pcs/carton, 726pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68

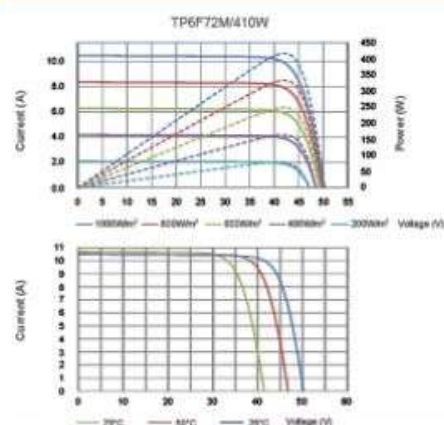
OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V/1500V/DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse	20A
Static Loading	5400pa
Conductivity at Ground	≤0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥100MΩ
Connector	TD1/LJQ-3-CSY/MC4/EV02

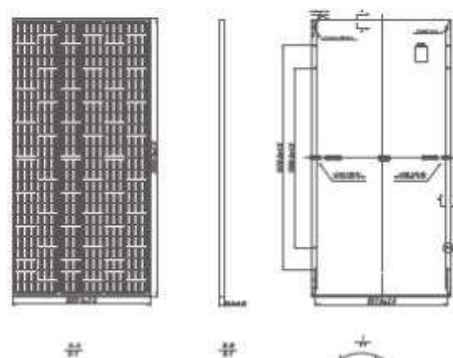
TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient Pmax	-0.36%/°C
Temperature Coefficient Voc	-0.26%/°C

I-V CURVE



TECHNICAL DRAWINGS



Convertitori di Potenza

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante N. 2 convertitori statici trifase per l'impianto alloggiati all'esterno posti inferiormente alle strutture di sostegno dei moduli FV. La ripartizione dei vari moduli su ognuno degli inverter utilizzati sarà effettuata sulla base delle caratteristiche tecniche sotto riportate.

I principali dati tecnici relativi all'inverter sono i seguenti:

SUNNY CENTRAL UP





Efficiente

- Possibilità di trasportare fino a 4 inverter in un container marittimo standard
- DC/AC fino al 150%
- Massima potenza fino a 35 °C di temperatura ambiente

Resistente

- Sistema intelligente ed efficiente di raffreddamento ad aria OptiCool
- Idoneità per l'uso all'esterno in tutto il mondo, in qualsiasi condizione ambientale e climatica

Flessibile

- Un dispositivo per tutte le applicazioni
- Applicazione FV, opzionale con batteria connessa sul lato CC

Semplice da usare

- Flessibilità nella connessione DC
- Alloggiamento per quadro cliente
- Alimentazione integrata per carichi interni ed esterni

SUNNY CENTRAL UP

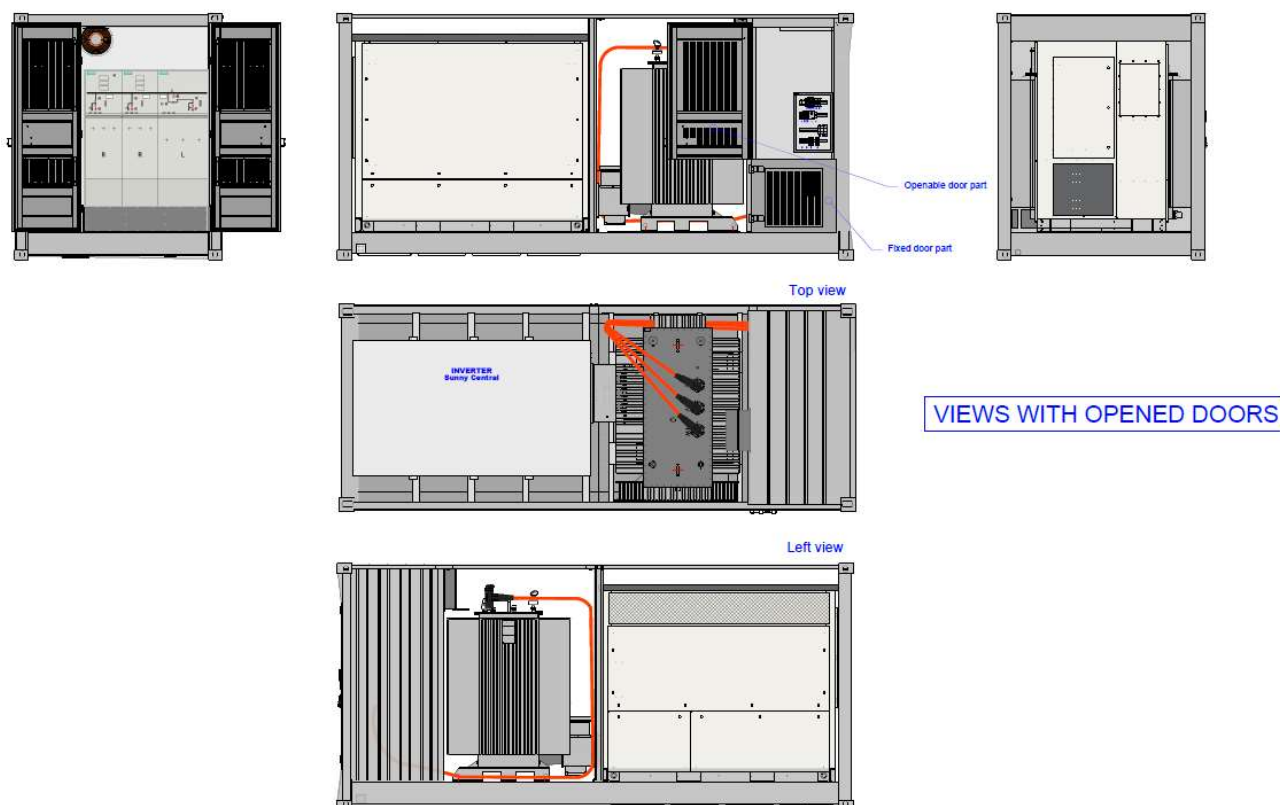
Il nuovo Sunny Central: più potenza per metro cubo

Con una potenza fino a 4600 kVA con tensioni di sistema di 1500 V CC, l'inverter centralizzato SMA consente una progettazione più efficiente degli impianti e una riduzione dei costi specifici delle centrali fotovoltaiche ed a batteria. Per l'installazione delle apparecchiature del cliente è disponibile spazio aggiuntivo e un'alimentazione di tensione separata. Una vera tecnologia a 1500 V e il sistema di raffreddamento intelligente OptiCool assicurano un funzionamento senza problemi anche a temperature ambiente estreme (ambienti desertici e salini), nonché un lungo ciclo di vita (25 anni).

21

Dati tecnici	Sunny Central 4000 UP	Sunny Central 4200 UP
Lato CC		
Range di tensione V_{CC} (a 25 °C / a 50 °C)	da 880 a 1325 V / 1100 V	da 921 a 1325 V / 1050 V
Tensione CC min. $V_{CC, min}$ / Tensione d'avviamento $V_{CC, Start}$	849 V / 1030 V	891 V / 1071 V
Tensione CC max. $V_{CC, max}$	1500 V	1500 V
Corrente CC max $I_{CC, max}$	4750 A	4750 A
Corrente di cortocircuito max $I_{CC, sc}$	8400 A	8400 A
Numero ingressi CC	Sbarra collettore con 26 collegamenti per polo, 24 fusibili su entrambi i poli (32 fusibili su polo singolo)	
Numero di ingressi CC con l'opzione di batteria connessa su lato CC	18 fusibili su entrambi i poli (36 su polo singolo) per PV e 6 fusibili su entrambi i poli per batterie	
Numero max di cavi CC per ogni ingresso CC (per ciascuna polarità)	2x 800 kcmil, 2x 400 mm ²	
Zone Monitoring integrato	□	
Dimensioni di fusibili FV disponibili (per ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
La massima dimensione del fusibile di batteria disponibile (per ingresso)	750 A	
Lato CA		
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 1$ (a 35 °C / a 50 °C)	4000 kVA ⁽²⁾ / 3600 kVA	4200 kVA ⁽²⁾ / 3780 kVA
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 0,9$ (configurazione standard A6B) (a 35 °C/a 50 °C) ⁽²⁾	3600 kW ⁽²⁾ / 3240 kW	3780 kW ⁽²⁾ / 3402 kW
Potenza attiva nominale CA con $\cos \varphi = 0,8$ (a 35 °C / a 50 °C)	3200 kW ⁽²⁾ / 2880 kW	3360 kW ⁽²⁾ / 3024 kW
Corrente nominale CA $I_{CA, nom}$ (a 35 °C / a 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Fattore massimo di distorsione	< 3 % alla potenza nominale	< 3 % alla potenza nominale
Tensione nominale CA / Range di tensione nominale CA ⁽¹⁰⁾	600 V / 480 V a 720 V	630 V / 504 V a 756 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 47 Hz a 53 Hz 60 Hz / 57 Hz a 63 Hz	
Rapporto min di cortocircuito ai morsetti ⁽⁹⁾	> 2	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile ⁽¹⁰⁾	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Grado di rendimento europeo		
Efficienza max ⁽²⁾ / efficienza efficienza ⁽²⁾ / efficienza CEC ⁽²⁾	98,8 % / 98,6 % / 98,5 %	98,8 % / 98,7 % / 98,5 %
Dispositivi di protezione		
Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carico CC	
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore di potenza CA	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni, tipo I e II	
Protezione da sovratensioni CA (opzionale)	Scaricatore di sovratensioni, classe I e II	
Protezione antifulmine (secondo IEC 62305-1)	Classe di protezione antifulmine III	
Monitoraggio dispersione a terra / Monitoraggio dispersione a terra remoto	□ / □	
Monitoraggio dell'isolamento	□	
Classe di protezione del sistema elettronico / canale d'aria / campo di collegamento (secondo IEC 60529)	IP54 / IP34 / IP34	
Dati generali		
Dimensioni (L / A / P)	2815 / 2318 / 1588 mm (110,8 / 91,3 / 62,5 pollici)	
Peso	< 3700 kg / < 8158 lb	
Autoconsumo (max. ⁽⁴⁾ / carico parziale ⁽²⁾ / medio ⁽⁴⁾)	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Autoconsumo (stand-by)	< 370 W	
Alimentazione ausiliaria	Trasformatore integrato da 8,4 kVA	
Range di temperature di funzionamento ⁽⁴⁾	-25 a 60 °C / -13 °F a 140 °F	
Rumorosità ⁽⁷⁾	63,0 dB(A)*	
Range di temperature (stand-by)	-40 °C a 60 °C / -40 °F a 140 °F	
Range di temperature (in magazzino)	-40 °C a 70 °C / -40 °F a 158 °F	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa (condensante / non condensante)	95% a 100% (2 mesi/anno) / 0% a 95%	
Altitudine operativa massima s.l.m. ⁽¹¹⁾ 1000 m / 2000 m ⁽¹¹⁾ / 3000 m ⁽¹¹⁾	● / □ / □	
Fabbisogno d'aria fresca	6500 m ³ /h	
Dotazione		
Collegamento CC	Capocorda a ogni ingresso (senza fusibile)	
Collegamento CA	sistema di sbarre (3 sbarre collettive, una per ciascuna fase)	
Comunicazione	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Farbe involucro / Dach	RAL 9016 / RAL 7004	
Approvvigionamento per utilizzatori esterni	□ (2,5 kVA)	
rispetta le norme e direttive	CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, AR-N 4110, IEEE1547, UL 840 Cat. IV, Arrêté du 23/04/08	
Norme CEM	IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A	
Rispetta direttive e standard di qualità	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	
● Dotazione di serie □ Opzionale – Non disponibile		
Denominazione del tipo	SC 4000 UP	SC 4200 UP

Gli inverter e i trasformatori verranno posizionati in dei container come in immagine.



Strutture di supporto

In generale, il sistema di sostegno dei moduli fotovoltaici è realizzata in acciaio da costruzione e progettata secondo gli Eurocodici. La maggior parte dei componenti metallici (trave, pali) è zincata a caldo secondo la norma ISO 1461 o secondo la norma ISO 3575.

La struttura utilizzata sarà del tipo monoassiale con andamento Nord-Sud e con inclinazione orientabile da Est verso Ovest, in modo da poter seguire l'andamento del sole e ottimizzare la produzione con singolo modulo posto singolarmente.

Questo tipo di soluzione diminuisce notevolmente l'impatto visivo in quanto limita di molto l'altezza massima raggiunta e permette alla struttura di livellare maggiormente l'impianto seguendo l'andamento dell'inclinazione naturale del suolo, permettendo di arrivare al 15% di inclinazione verso Nord-Sud e del 20% verso la direzione Est-Ovest.

L'inclinazione verso lo zenit (tilt) raggiungerà un'inclinazione massima di 55° verso Est e verso Ovest. Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

- Il corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato a seconda del numero di moduli da applicare. La leggerezza dell'alluminio e la robustezza dell'acciaio raggiungono un'ottima combinazione e attraverso il profilo monoblocco vengono evitate ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione e alla maggiore applicazione.
- Le traverse sono rapportate alle forze di carico. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti. Le traverse sono dotate del pregiato Klick-System
- Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo conficcato nel terreno. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.
- Grazie ai pochi componenti che costituiscono la struttura il tempo di montaggio è particolarmente ridotto. Il conficcamento dei profili in acciaio viene realizzato da ditte specializzate.

Il sistema è applicabile sia per siti perfettamente piani che con qualsiasi grado di pendenza.

Per il dimensionamento viene svolta una perizia geologica per il calcolo ottimale della profondità a cui vanno conficcati i profilati in relazione al tipo di terreno. In questo modo viene garantito un'ottimale utilizzo dei profili e dei materiali. La struttura di supporto è garantita per 25-30 anni.

Sinteticamente i vantaggi della struttura utilizzata si possono così riassumere:

Logistica

- Alto grado di prefabbricazione
- Montaggio facile e veloce
- Componenti del sistema perfettamente integrati

Materiali

- Materiale interamente metallico (alluminio/inox) con notevole aspettativa di durata
- Materiali altamente riciclabili
- Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata

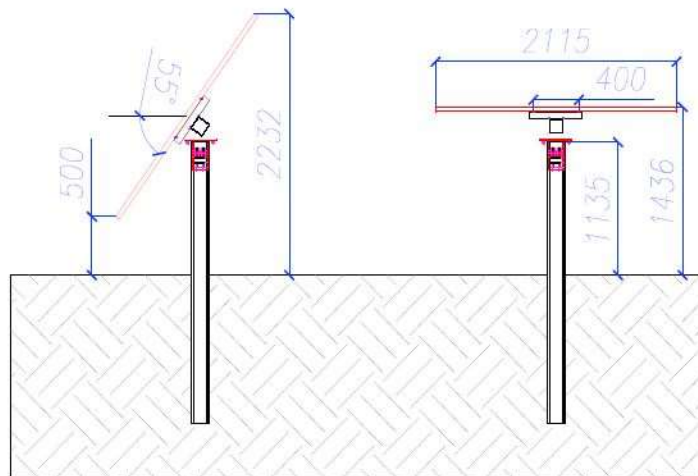
Costruzione

- Nessun tipo di fondazioni per la struttura;
- Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice
- Possibilità di regolazione per terreni accidentati
- Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine

Calcoli statici

- Forza di impatto del vento calcolata sulla base delle più recenti e aggiornate conoscenze scientifiche e di innovazione tecnologiche
- Traverse rapportate alle forze di carico
- Ottimizzazione di collegamento fra i vari elementi

Di seguito si riportano delle rappresentazioni della struttura di supporto.



Cavi e quadri di campo

Per il cablaggio dei moduli e per il collegamento tra le stringhe e i quadri di campo sono previsti conduttori di tipo SOLAR in doppio isolamento o equivalenti appositamente progettati per l'impiego in campi FV per la produzione di energia.

Caratteristiche tecniche:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C

- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata del cavi (Iz) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

Cavo di collegamento dei moduli di stringa

$$S=6 \text{ mm}^2 \text{ Iz (60 C}^\circ\text{) = 70A}$$

Quadro di parallelo stringa (SMART STRING BOX)

Le stringhe composte da 27 moduli (una struttura intera) ubicate su appositi supporti alloggiati sotto le strutture, protetti da agenti atmosferici, e saranno realizzati in

policarbonato ignifugo, dotato di guarnizioni a tenuta stagna grado isolamento IP65 cercando di minimizzare le lunghezze dei cavi di connessione.

I suddetti quadri di campo realizzano il sezionamento ed il parallelo delle stringhe dei moduli provenienti dal campo fotovoltaico. All'interno saranno presenti dispositivi di sezionamento, fusibili ed il monitoraggio della corrente per ogni stringa, inoltre è predisposto un modulo per la comunicazione seriali dei dati inerenti l'array ad un sistema SCADA.

Esse disporranno al loro interno dell'elettronica necessaria per il cablaggio nonché protezione contro scariche provocate da fulmini e rotture dei moduli stessi. Dalle cassette di derivazione partiranno i cavi di collegamento (rivestiti in pvc o in gomma) fino alla cabina di trasformazione in cui sono contenuti gli inverter. Il collegamento degli array all'inverter verrà realizzato con cavi della sezione minima di 2x1x50 mmq del tipo FG7R doppio isolamento posati in tubi o canali per proteggerli dai raggi ultravioletti. Tutti i cavi utilizzati sono rispondenti alla norma CEI 20-22.

Le cassette di parallelo stringhe presentano le seguenti caratteristiche:

- ☐ -- misura della corrente di ogni singola stringa;
- ☐ -- rilevazione del mismatch e perdita di performance;
- ☐ -- antifurto 24/24h a misura di impedenza di stringa (opzionale);
- ☐ -- allarmi di apertura stringa e scarsa performance delle stringhe;
- ☐ -- due misure ambientali indipendenti (es. irraggiamento, temperatura, direzione e velocità del vento),
- ☐ -- autodiagnostica avanzata;
- ☐ -- contatto di segnalazione stato dell'interruttore DC;
- ☐ -- cassetta di parallelo stringhe con grado di protezione IP65;
- ☐ -- possibilità di connettere da 8 a 24 stringhe;
- ☐ -- connettori multicontact di serie;
- ☐ -- interruttore DC sotto carico;
- ☐ -- bobina di sgancio a lancio di corrente per installazioni su tetto secondo prescrizioni VV.FF.;
- ☐ -- scatola in policarbonato ignifuga e resistente ai raggi UV;

- ☐ fusibili installabili anche sul polo negativo, utilizzando le cassette di espansione fusibili fuse box (opzionale).

Le Protezioni di Sovratensione sono costituite dalla connessione a Y di due SPD (Surge Protective Device) a varistore connessi tra i poli del campo fotovoltaico e una SPD (Surge Protective Device) spinterometrico tra punto comune a terra. L'SPD (Surge Protective Device) è un dispositivo di protezione da sovratensioni di classe II dotato di contatto di telesegnalazione. I dispositivi di protezione sono del tipo a innesto in modo da agevolare la sostituzione degli SPD a seguito di un guasto.

Quadro MT

Saranno impiegati scomparti normalizzati di tipo protetto (METAL ENCLOSED), che possono essere affiancati per formare quadri di distribuzione e trasformazione fino a 36kV. Le dimensioni contenute consentono di occupare spazi decisamente ridotti, la modularità permette di sfruttare al massimo gli spazi disponibili. Opportuni dispositivi di interblocco meccanico e blocchi a chiave fra gli apparecchi impediscono errate manovre, garantendo comunque la sicurezza per il personale. Gli scomparti verranno predisposti completi di bandella in piatto di rame interna ed esterna per il collegamento dell'impianto di messa a terra.

Correnti circolanti nell'impianto

Di seguito si fornisce una tabella riassuntiva delle correnti massime circolanti nelle varie zone dell'impianto per le cabine da 1MVA (fatta eccezione per quelle ritenute trascurabili).

Sorveglianza

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 35 m;

- cavo alfa con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Il cavo alfa sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina.

Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna gsm.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.

Lo schema a blocchi dell'impianto è il seguente.

Illuminazione

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da 2 sistemi:

- Illuminazione perimetrale
- Illuminazione esterno cabine

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

Illuminazione perimetrale

Tipo lampada: ad alogenuro metallici

Tipo armatura: proiettore direzionabile

Funzione: illuminazione stradale notturna e anti-intrusione

Distanza media tra i pali: circa 35 m

In fase di progetto esecutivo potranno essere apportati miglioramenti ai rapporti tra gli illuminamenti minimi e massimi e l'illuminamento medio.

Illuminazione esterno cabina

- ☐ Tipo lampade: SAP 150W;
- ☐ Tipo armatura: corpo Al pressofuso, forma ogivale;
- ☐ Numero lampade: 4;
- ☐ Modalità di posa: sostegno su tubolare ricurvo aggraffato alla parete. Posizione agli angoli di cabina;
- ☐ Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

Protezione contro i contatti diretti

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- ☐ messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- ☐ scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.
- ☐ ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella I:

$$ZS \times I_a \leq U_0$$

dove:

ZS è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di

protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la I_{Δ} è la corrente differenziale

U_0 tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase – terra) in Volt

Tab. I **Tempi massimi di interruzione per sistemi TN**

$U_0(V)$	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantito dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

DETERMINAZIONE DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

Il calcolo delle correnti di impiego è stato eseguito in base alla seguente relazione:

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

nella quale:

- $K_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $K_{ca} = 1,73$ sistema trifase, tre conduttori attivi;

Se la rete è in corrente continua in fattore di potenza φ 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:

$$P_1 = I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi \cdot j \sin \varphi)$$

$$P_2 = I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) - j \sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \right)$$

$$P_3 = I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) - j \sin\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \right)$$

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.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle ($\sum P_d$ a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

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 (ΣQ_d a valle).

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

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

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

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

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

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) \quad I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

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.

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 essi abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1,45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 124 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 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, quindi, protette contro le sovratensioni.

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 seguente relazione:

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

La costante K viene data dalla norma 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 sopracitati riportano però delle note che permettono, in attesa di disposizioni diverse, la loro determinazione:

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 = 87

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 G: $K = 110$
- Cavo in alluminio e isolato in 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 G: $K = 89$
- Cavo in alluminio e isolato in G5 – G7: $K = 94$

CADUTE DI TENSIONE

Il calcolo delle cadute di tensione avviene settorialmente. 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 riportato in percentuale rispetto alla tensione nominale.

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

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

Con:

- $K_{\Delta U} = 2$ per sistemi monofase;
- $K_{\Delta U} = 1,73$ per sistemi trifase;

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono automaticamente ricavati dalla tabella UNEL in funzione al tipo di cavo (unipolare(multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50 Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km .

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

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

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriali, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte dell'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.

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, può 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 mm²;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso;
- la sezione del conduttore di neutro si almeno uguale a 16 mm² se il conduttore in rame e a 25 mm² 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 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

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;

$$S_f < 16\text{mm}^2 :$$

$$S_{PE} = S_f$$

$$16 < S_f < 35\text{mm}^2 :$$

$$S_{PE} = 16\text{mm}^2$$

$$S_f < 35\text{mm}^2 :$$

$$S_{PE} = S_f / 2$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule.

CALCOLO DEI GUASTI

Nel calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di corto circuito minime e massimo immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fine linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

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

Le correnti a valle della protezione sono individuate dalle correnti di guasto a fondo linea della utenza a monte.

CALCOLO DELLE CORRENTI MASSIME DI CORTO CIRCUITO

Il calcolo viene condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione 1;
- b) impedenza di guasto minima, 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 a 80°C, data dalla tabella UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (60 \cdot 0,004)} \right)$$

Nota poi dalla stessa tabella la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così l'impedenza di guasto minima a fine utenza.

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

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

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:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoneutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

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

Per il conduttore di neutro di ha:

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

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

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 3 \cdot X_{anello_guasto}$$

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

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoneutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoneutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

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

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

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

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

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

Da queste si ricavano le correnti di corto circuito trifase $I_{k \max}$, fase neutro $I_{k1Neutro \max}$, fase terra $I_{k1PE \max}$ e bifase $I_{k2 \max}$ espresse in kA:

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

$$I_{k1Neutro \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_{k1Neutro \min}}$$

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

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

Infine dai valori della correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1Neutro} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutromax}$$

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

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

Dove:

$$K \approx 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

SCELTA DELLE PROTEZIONI

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali del conduttore e di guasto in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo la quale si dimensiona la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenze

I_{kmmax} ;

- taratura di intervento della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione con i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea (I_{magmax});

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 due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di corto circuito 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 par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezione 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 fra le curve.

Lucera 06/06/2022

Il Tecnico

Ing. Umberto Piacquadio