




**INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE
ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO
AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA
160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-
GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.**

Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche


**DATA:
MARZO
2024
Pag. 1 di 31**

Sommario

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 4 |
| 2.1 | Pannelli fotovoltaici | 4 |
| 2.2 | Inverter | 5 |
| 2.3 | Trasformatori BT/MT | 6 |
| 2.4 | Strutture di fissaggio | 7 |
| 2.5 | Cavi | 12 |
| 2.6 | Soluzione impiantistiche di protezione | 13 |
| 2.6.1 | Protezione contro i contatti diretti | 13 |
| 2.6.2 | Protezione contro i contatti indiretti | 14 |
| 2.6.3 | Protezioni dai sovraccarichi | 16 |
| 2.6.4 | Protezione conduttori contro il corto circuito | 16 |
| 2.6.5 | Cartelli | 17 |
| 2.6.6 | Materiale per l'esercizio e la manutenzione | 18 |
| 2.6.7 | Mezzi di estinzione | 18 |
| 2.6.8 | Qualifica del personale | 18 |
| 2.7 | Apparecchiature e componenti | 19 |
| 2.7.1 | Connessioni elettriche | 19 |
| 2.7.2 | Materiali isolanti | 19 |
| 2.7.3 | Sezionatori | 20 |
| 2.7.4 | Interruttori | 21 |
| 2.7.5 | Interruttori di manovra | 21 |
| 2.7.6 | Relè di protezione | 21 |
| 2.7.7 | TA e TV di protezione | 22 |
| 2.7.8 | Trasformatori | 22 |
| 2.7.9 | Protezione contro i fulmini | 23 |
| 2.8 | Strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici | 24 |
| 2.9 | Impianto di videosorveglianza e illuminazione | 25 |
| 2.10 | Recinzioni e cancelli | 26 |
| 2.11 | Viabilità | 27 |

| | | |
|---|---|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 2 di 31</p> |
|---|---|--|

| | | |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| 2.12 | Fondazioni..... | 27 |
| 2.13 | Movimenti di terra | 28 |
| 3 | OPERE DI CONNESSIONE | 29 |
| 3.1 | Cavi MT..... | 29 |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 3 di 31</p> |
|---|--|---|

1 PREMESSA

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico e delle relative opere di connessione da ubicare nel comune di Salandra e San Mauro Forte, in provincia di Matera.

Il dimensionamento di massima è stato realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 144 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 650 Wp, 680 Wp e 700 Wp. L'impianto sarà costituito da un totale di 243.149 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 160,83 MWp. Questa relazione descrive in dettaglio i diversi elementi progettuali dell'impianto fotovoltaico e i criteri di scelta utilizzati. Alla fine della relazione si allega anche le schede tecniche dei moduli fotovoltaici e degli inverter.

Il progetto verte sulla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile per il supporto alla produzione di Idrogeno Verde; tale impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare sarà di tipo fotovoltaico e prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino montati su strutture ad inseguimento monoassiale.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito complessivamente da lotti funzionalmente autonomi suddivisi come di seguito indicato:

Si considera l'utilizzo di un modulo bifacciale della potenza nominale di 650, 680 e 700 Wp

I pannelli, che trasformano l'irraggiamento solare in corrente elettrica continua, saranno collegati in serie formando una "stringa". L'energia prodotta dai pannelli verrà trasferita mediante conduttori elettrici agli inverter, i quali trasformeranno le grandezze elettriche di tipo continuo (DC) in grandezze di tipo alternato (AC). Da qui, mediante cavi interrati, l'energia viene condotta alle cabine di trasformazione, incrementando il voltaggio fino alla tensione (MT) 30kV tramite l'installazione di macchine elettriche statiche definiti Trasformatori. A valle dell'ultima cabina di campo, l'energia verrà trasferita mediante un unico cavidotto esterno alla futura Sotto Stazione Elettrica (SSE), il cui compito sarà quello di elevare la tensione da 30kV fino a 36kV, necessario per il collegamento alla Stazione Elettrica (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), come indicato dalla Soluzione Tecnica Minima messa a disposizione da TERNA S.P.A.

2 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nei paragrafi seguenti sono riportati in dettaglio i principali elementi progettuali riguardanti produzione, conduzione e consegna dell'energia elettrica.

2.1 Pannelli fotovoltaici

Il dimensionamento di massima è stato realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 144 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 650 Wp, 680 Wp e 700 Wp. L'impianto sarà costituito da un totale di 243.149 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 160,83 MWp.

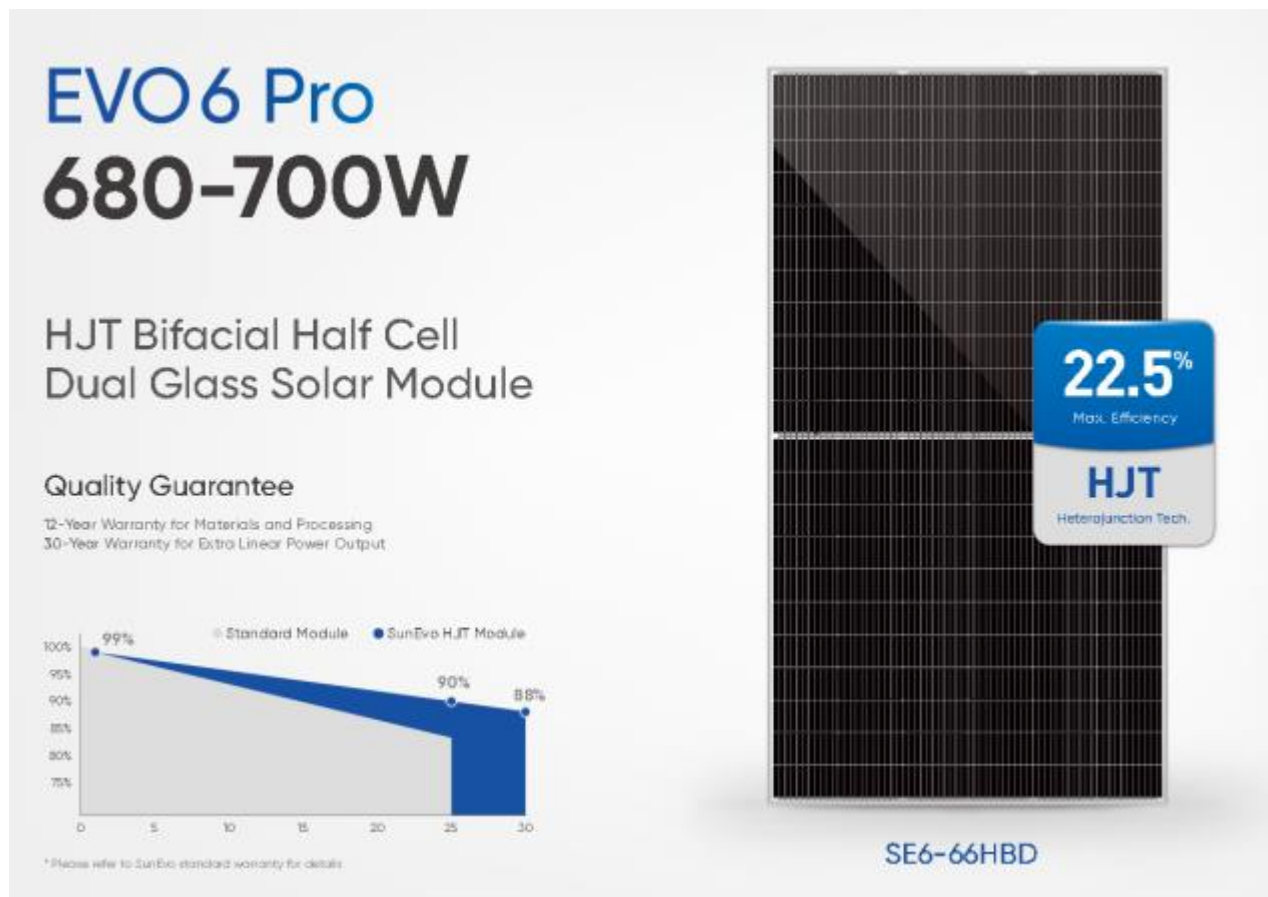


Figura 1 - Dimensioni Modulo fotovoltaico

Mechanical Data

| | |
|----------------------------|--|
| Number of Cells | 132 Cells (6x22) |
| Dimensions of Module L*W*H | 2384 x 1303 x 35mm |
| Weight | 38.2kg |
| Front Side Glass | High transparency solar glass 2.0mm |
| Back Side Glass | High transparency solar glass 2.0mm |
| Frame | Black/Silver, anodized aluminium alloy |
| Junction Box | IP68 Rated, 3 Diodes |
| Cable | 4.0mm ² , Portrait: 350mm / Landscape: 1400mm |
| Wind/Snow Load | 2400Pa/5400Pa* |
| Connector | MC Compatible |
| Bifaciality | 80±5% |

* Please check the installation manual for more details

Electrical Specification (STC*)

| | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power [Pmax/W] | 680 | 685 | 690 | 695 | 700 |
| Maximum Power Voltage [Vmp/V] | 41.49 | 41.65 | 41.80 | 41.95 | 42.10 |
| Maximum Power Current [Imp/A] | 16.39 | 16.45 | 16.51 | 16.57 | 16.63 |
| Open Circuit Voltage [Voc/V] | 49.5 | 49.66 | 49.82 | 49.98 | 50.13 |
| Short Circuit Current [Isc/A] | 17.19 | 17.25 | 17.31 | 17.37 | 17.43 |
| Module Efficiency [%] | 21.9 | 22.1 | 22.2 | 22.4 | 22.5 |
| Power Output Tolerance [W] | 0~+5 | | | | |

* Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Electrical Specification (BSTC*)

| | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power [Pmax / W] | 750 | 756 | 761 | 767 | 772 |
| Maximum Power Voltage [Vmp / V] | 41.49 | 41.65 | 41.80 | 41.95 | 42.10 |
| Maximum Power Current [Imp / A] | 18.08 | 18.16 | 18.21 | 18.29 | 18.34 |
| Open Circuit Voltage [VOC / V] | 49.50 | 49.66 | 49.82 | 49.98 | 50.13 |
| Short Circuit Current [Isc / A] | 18.96 | 19.04 | 19.09 | 19.17 | 19.22 |

* Front side irradiance 1000W/m², back side irradiance 120W/m², Ambient Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Module Dimension

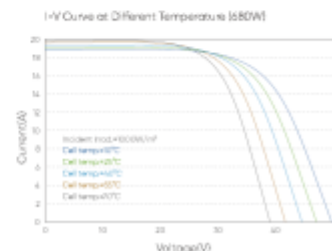
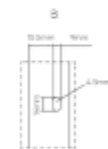
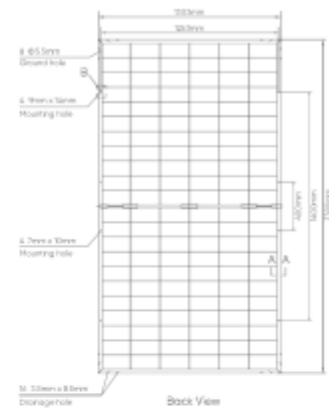


Figura 2 - Dati tecnici modulo fotovoltaico

2.2 Inverter

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°557 convertitori statici trifase (inverter) della SUNGROW - SG 350 HX, installati direttamente nel campo FV.



Figura 3 - Inverter statico trifase

2.3 Trasformatori BT/MT


I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 2500kVA ed avranno una tensione al primario di 30kV, mentre al secondario di 400V. Ognuno di essi sarà installato in campo.



Figura 4 - Trasformatore di elevazione BT/MT da 2500kVA; 0,7/30kV

Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con due inverter di competenza e presentano le seguenti caratteristiche comuni:

- frequenza nominale 50 Hz
- campo di regolazione tensione maggiore $\pm 2 \times 2,5\%$
- livello di isolamento primario 1,1/3 V
- livello di isolamento secondario 24/50/95

| | | |
|---|---|--|
|  | INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE. Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche | DATA: MARZO 2024 Pag. 7 di 31 |
|---|---|--|

- simbolo di collegamento Dyn 11
- collegamento primario stella+neutro
- collegamento secondario triangolo
- classe ambientale E2
- classe climatica C2
- comportamento al fuoco F1
- classe di isolamento primarie e secondarie F/F
- temperatura ambiente max. 40 °C
- sovratemperatura avvolgimenti primari e secondari 100/100 K
- installazione Interna
- tipo raffreddamento aria naturale
- altitudine sul livello del mare $\leq 1000\text{m}$
- impedenza di corto circuito a 75°C 6%
- livello scariche parziali $\leq 10\text{ pC}$

I trasformatori presentano una tensione al primario di 30kV, mentre al secondario di 700V.

2.4 Strutture di fissaggio

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori monoassiali del tipo CONVERT - TRACKER TRJ con rotazione EST/OVEST.

Si tratta di un sistema di montaggio completamente innovativo sviluppato in base a conoscenze scientifiche e normative. Il montaggio modulare offre possibilità quasi illimitate di assemblaggio per i moduli maggiormente in circolazione sul mercato.

Per mezzo dello sviluppo di particolari morsetti di congiunzione si riducono al minimo i tempi di montaggio.

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 disponibile in 6 lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.
- Motore unico a struttura indipendente su ogni singola struttura.
- Control Board di facile installazione e auto-configurazione; il GPS integrato è in grado di gestire in ogni momento il corretto posizionamento dell'inseguitore in base alla posizione del sole.

Grazie ai pochi componenti che costituiscono la struttura il tempo di montaggio è particolarmente ridotto. L'inserimento nel terreno 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. La struttura risulta sollevata da terra per una altezza minima di 75 cm e raggiunge altezza massima di 240 cm.

Di seguito si riportano delle rappresentazioni della struttura di supporto.



Figura 5 - Rappresentazione della struttura di supporto vista frontale



Figura 6 - Rappresentazione della struttura di supporto vista posteriore

La gestione della rotazione monoassiale della struttura avverrà tramite specifici dispositivi alimentati a 230V in corrente alternata in grado di comandare ciascuno n°10 motori. Ogni motore assorbe 1 A.



Figura 7 - Attuatore della struttura di supporto vista posteriore


TECHNICAL SPECIFICATIONS

| | |
|------------------------------------|--|
| Type of tracking system | Horizontal Single Axis Tracker with balanced structure, North-South axis alignment and East-West tracking with independent rows and backtracking |
| Type of control | Control based on an astronomical clock algorithm; self-configuring; without irradiation sensors |
| Maximum tracking error | ± 2° |
| Control System Architecture | 1 control board each 10 rows with integrated GPS and anemometer for wind safety - control in closed loop with encoder |
| PV - Module Type | Structure adaptable to available PV modules types on market: Monofacial and Bifacial (Thin Film, Framed and Frameless) |
| Configurations | - 1 module in portrait - 2 modules in landscape - 2 modules in portrait |
| Rotation angle | Up to 120° (±60°) |
| Motors | Linear actuator with induction AC motor (oil-free transmission) with integrated encoder |
| Power Supply | - AC power supply from auxiliary services - Selfpowered by PV string (with patented backup solution without batteries) - Smartpower by distributed inverters |
| Monitoring and data stream | Real-time communication or remote mode communication via ModBus |
| Communication | Communication between SCADA and control board: Wired (RS485) or Wireless (LoRa) |
| Maximum wind speed | In compliance with local codes |
| Operation temperature range | Standard Range -10°C / +50°C ; Extended Range Available |
| Foundation | Compatible with all widespread types: Driven Piles, Predrilled and concrete backfilled, Concrete Ballasts |
| Electrical Grounding | Selfgrounding system |
| Materials | Galvanized steel or Weathering Steel (CorTen) in compliance with site environmental conditions |
| Occupation factors | Totally configurable based on project specifications |
| Availability | > 99% |
| Warranty | 10 years for structural components; 5 years for motors and electronic components (Extended warranty available) |

INSTALLATION TOLERANCES

| | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ASSEMBLY ERROR RECOVERY | |
| Height | ± 20mm |
| Misalignment North/South | ± 45mm |
| Misalignment East/West | ± 45mm |
| Inclination | ± 2° |
| Twisting | ± 5° |
| Maximum Land Slope | 15% North-South; Unlimited East-West |

Figura 9 - Data sheet strutture supporto

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 12 di 31</p> |
|---|--|--|

2.5 Cavi

Per il cablaggio dei moduli e per il collegamento tra le stringhe e i quadri di campo sono previsti conduttori di tipo **TECSUN** 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 2 kV CC Tensione di prova 6kV CA/10 kV CC.
- Intervallo di temperatura Da - 40°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 dei cavi (I_z) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe

Cavo di collegamento dei moduli di stringa:

$$S=4 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 55 \text{ A}$$

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024 Pag. 13 di 31</p> |
|---|--|--|

Cavi di collegamento delle string-box agli inverter:

$$S=10 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 98 \text{ A}$$

$$S=16 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 132 \text{ A}$$

$$S=25 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 176 \text{ A}$$

$$S=35 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 218 \text{ A}$$

$$S= 50 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 276 \text{ A}$$

$$S=70 \text{ mm}^2 I_z (60 \text{ C}^\circ) = 347 \text{ A}$$

Altri cavi:

Cavi di media tensione: ARE4H1R 18/30 kV

Cavi di potenza AC: FG16OH2R 0,6/1 kV

Cavi di alimentazione AC: FG16OM16

Cavi di comando: FG16OM16

Cavi di segnale: FG16OH2R

Cavi di bus: speciale MOD BUS / UTP CAT6 ethernet

2.6 Soluzione impiantistiche di protezione


Gli impianti saranno costruiti in modo da consentire al personale addetto all'esercizio ed alla manutenzione di circolare e di intervenire in sicurezza in ogni punto dell'impianto, secondo le circostanze, nell'ambito dei propri compiti e delle autorizzazioni concesse e in linea con la Norma CEI 64-8.

2.6.1 Protezione contro i contatti diretti

Nella costruzione degli impianti va considerato di evitare il contatto non intenzionale con parti attive od il raggiungimento di zone pericolose prossime alle parti attive.

Per quanto riguarda le parti attive, vanno protette quelle con il solo isolamento funzionale e le parti che possono essere considerate a potenziale pericoloso:

- parti esposte attive;
- parti degli impianti dove sono state rimosse guaine metalliche collegate a terra o schermi conduttori di cavi;

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 14 di 31</p> |
|---|--|--|

- cavi ed accessori sprovvisti di schermi metallici collegati a terra, nonché cavi flessibili sprovvisti di schermi conduttori elastomerici;
- terminali e guaine conduttrici dei cavi, se essi possono portarsi ad una tensione pericolosa;
- corpi isolanti di isolatori ed altre parti simili, se può insorgere una tensione di contatto pericolosa;
- telai o contenitori di condensatori, convertitori e trasformatori di conversione, che possono essere in tensione durante il normale esercizio;
- avvolgimenti di macchine elettriche, trasformatori e reattori.

I tipi di protezioni che potrebbero essere adottati sono i seguenti:

- protezione per mezzo di involucri;
- protezione per mezzo di barriere (ripari);
- protezione per mezzo di ostacoli (parapetti);
- protezione mediante distanziamento.

Le barriere devono impedire che nessuna parte del corpo di un uomo possa raggiungere la zona di guardia prossima alle parti attive e possono quindi essere pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza minima di 2000 mm. Gli ostacoli possono essere realizzati tramite l'impiego di coperture, parapetti, catene e corde oppure utilizzando pareti piene, pannelli o reti metalliche con un'altezza inferiore ai 2000 mm e che quindi non possono rientrare nelle barriere. La protezione mediante distanziamento si ottiene collocando le parti attive al di fuori della zona dove le persone possono abitualmente soffermarsi o muoversi tenendo conto della distanza che si può raggiungere con le mani in qualsiasi direzione. Le porte dei locali per le apparecchiature o per gli scomparti, utilizzate come elementi di chiusura, devono essere progettate in modo tale da poter essere aperte solo mediante attrezzi o chiavi.


2.6.2 Protezione contro i contatti indiretti

Nei sistemi di II categoria per la protezione contro i contatti indiretti la cabina deve essere dotata di un impianto di terra conforme alla Norma CEI 11-1.

Le masse o masse estranee facenti parte della cabina devono essere collegate all'impianto di terra. Per poter dimensionare l'impianto di terra si deve richiedere all'Ente Distributore:

- il valore della corrente di guasto a terra della rete;
- il tempo di eliminazione del guasto.

Le prescrizioni da rispettare affinché venga assicurata la protezione sono:

| | | |
|---|---|---|
|  | INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE. Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche | DATA: MARZO 2024 Pag. 15 di 31 |
|---|---|---|

- Neutro collegato direttamente a terra;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione comuni PEN: sistema TN-C;
- Conduttore di neutro e conduttore di protezione separati PE + N: sistema TN-S;
- Masse di utilizzazione collegate al conduttore di protezione, a sua volta collegato a terra in più punti e alla messa a terra dell'alimentazione;
- Sgancio obbligatorio al primo guasto d'isolamento, eliminato tramite i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o del differenziale.

I dispositivi di interruzione automatica ammessi dalle norme sono:


- Il dispositivo a corrente differenziale;
- Il dispositivo contro le sovracorrenti.

In un sistema IT il neutro del trasformatore non è connesso a terra, si dice, quindi, "sistema a neutro isolato". In questo tipo di sistema non è prevista alcuna protezione contro i contatti indiretti, in quanto l'intero sistema si ritiene isolato.

Un sistema come quello in oggetto viene impiegato, generalmente, laddove siano presenti situazioni di lavoro ove sia prioritaria la continuità del servizio, in quanto la presenza di un primo guasto a terra non dà luogo a correnti di valore elevato e /o pericoloso per le persone. La corrente di guasto a terra assume valori molto bassi, tipicamente fino a 2 A, e si richiude sul nodo di alimentazione attraverso l'impianto di terra delle masse e le capacità verso terra dei conduttori di linea. Il ridotto valore della corrente di guasto fa sì che non si abbia alcun intervento delle protezioni, le tensioni di contatto originate assumeranno, quindi, valori particolarmente bassi.

Normalmente in sistemi di questo tipo si prevede l'utilizzo di un dispositivo di controllo di isolamento il quale verifica se, effettivamente, il sistema rimane isolato nel tempo o sia necessario intervenire per ripristinare l'isolamento, segnalando le eventuali condizioni anomale che si manifestano in caso di guasto. Questo dispositivo segnala qualsiasi riduzione significativa del livello di isolamento dell'impianto permettendo così l'individuazione della causa di questa riduzione prima del verificarsi di un secondo guasto a terra, che causerebbe l'interruzione dell'alimentazione.

Nel caso di doppio guasto a terra, infatti, si viene a modificare il sistema di distribuzione vanificando ogni beneficio di una rete isolata da terra. In funzione di come sono collegate le masse degli utilizzatori all'impianto di terra il sistema potrebbe passare da una situazione IT a TN o TT, in entrambi i casi si avrebbero elevate correnti di guasto.

| | | |
|---|---|---|
|  | INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE. Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche | DATA: MARZO 2024 Pag. 16 di 31 |
|---|---|---|

La norma prevede dunque che, in presenza di un doppio guasto a terra, il sistema debba essere interrotto, con modalità diverse nel caso di sistemi TT o TN cui migrerebbe il sistema IT di partenza.

La norma, inoltre, raccomanda di non distribuire il conduttore di neutro nei sistemi IT, in primis per evitare il rischio che, in sistemi relativamente complessi, questo possa essere accidentalmente collegato a terra, vanificando in tal modo i vantaggi di un sistema IT; la seconda ragione secondo cui la norma raccomanda di non distribuire il neutro è legata a problematiche più prettamente impiantistiche, in quanto l'impedenza dell'anello di doppio guasto nei sistemi con neutro distribuito deve risultare inferiore che non nei sistemi a neutro non distribuito, con la conseguenza delle difficoltà pratiche nella realizzazione di una impedenza bassa e la conseguente difficoltà di coordinamento dei dispositivi di interruzione automatica per la protezione dai contatti indiretti.

2.6.3 Protezioni dai sovraccarichi

Per assicurare la protezione contro i sovraccarichi di una conduttura avente corrente di impiego I_b e portata I_z ($I_b < I_z$) si deve installare nel circuito della conduttura un dispositivo di protezione avente corrente nominale I_n e corrente convenzionale di funzionamento I_f che soddisfino le condizioni seguenti:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1.45 \cdot I_z$$

dove I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi deve avere caratteristiche tali da consentire, senza interrompere il circuito, i sovraccarichi di breve durata che si producono nell'esercizio ordinario (Norme CEI 64-8).


Per quanto riguarda il rispetto della seconda condizione, nel caso di interruttori automatici non è necessaria alcuna verifica, in quanto la corrente di sicuro funzionamento è, rispettivamente:

- $1.45 \cdot I_z$ per interruttori uso domestico conformi alla CEI 23-3;
- $1.30 \cdot I_z$ per interruttori uso industriale conformi alla CEI-EN 60947-2.

2.6.4 Protezione conduttori contro il corto circuito

I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono rispondere alle seguenti condizioni.

- 1) Devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione. È tuttavia ammesso l'impiego di un dispositivo di protezione con potere di interruzione inferiore, a condizione che a monte vi sia un altro dispositivo avente il necessario

| | | |
|---|---|---|
|  | INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE. Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche | DATA: MARZO 2024 Pag. 17 di 31 |
|---|---|---|

potere di interruzione; in questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che il valore di $I^2 \cdot t$ lasciato passare dal dispositivo a monte non risulti superiore a quello che può essere sopportato senza danno dal dispositivo a valle e dalle condutture protette. La corrente di cortocircuito da prendere in considerazione deve essere la più elevata che si può produrre in relazione alle configurazioni; in caso di impianto trifase si deve considerare il guasto trifase.

- 2) Devono intervenire in un tempo inferiore a quello che porterebbe la temperatura dei conduttori oltre il limite ammissibile. Questa condizione deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della conduttura protetta. In prima approssimazione, per cortocircuiti di durata non superiore a 5 sec, la condizione che il cortocircuito non alzi la temperatura dei conduttori dal valore massimo in servizio normale oltre al limite ammissibile si può verificare con la formula $I^2 \cdot t < k^2 \cdot S^2$ oppure verificando la curva dell'integrale di Joule fornita dal costruttore (Norma CEI 64-8).

2.6.5 Cartelli

Nella cabina MT/BT si dovranno installare i cartelli (di divieto, avvertimento e avviso) sotto elencati, realizzati (pittogrammi ed eventuali scritte) secondo le disposizioni di legge in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro (d.lgs. 81/2008 e s.m.i.).

I segnali, le targhe, i cartelli posti all'esterno devono essere scritti con caratteri indelebili su un supporto che garantisca una buona resistenza alle intemperie.

All'esterno della cabina, su ciascuna porta d'accesso e su ogni lato di eventuali recinzioni saranno posti i seguenti cartelli:


- Divieto d'accesso alle persone non autorizzate;
- Tensione elettriche pericolosa;

Sulla porta d'ingresso al locale, oltre ai tre precedenti, saranno posti i seguenti cartelli:

- Divieto di usare acqua per spegnere incendi;
- Tensione.

All'interno della cabina si dovranno avere:

- Istruzioni relative ai soccorsi d'emergenza da prestare agli infortunati per cause elettriche compilato nelle parti relative ai numeri telefonici da contattare in caso di necessità (medici, ospedali, ambulanze, ecc. più vicini);

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 18 di 31</p> |
|---|--|--|

- Schema elettrico;
- In prossimità delle apparecchiature di MT, indicare la tensione;
- A disposizione del personale addetto alla manutenzione, il cartello indicante il divieto di effettuare manovre;
- Sulle eventuali uscite di emergenza l'apposito segnale.

Nel caso sia prevista una sorgente autonoma di energia, questa viene segnalata mediante apposita targa posta in corrispondenza del dispositivo di sezionamento del circuito che la collega alla cabina.

Quando la cabina prevede batterie di condensatori e/o batterie di accumulatori, le porte delle celle corrispondenti sono munite di una targa che segnala la presenza di condensatori e delle batterie di accumulatori.

Per cabine elettriche complesse è opportuno che sia esposto uno schema unifilare per permettere anche in caso di urgenza una rapida comprensione delle manovre da eseguire.

Si consiglia inoltre la predisposizione di una tasca porta documenti fissata alla parete.

I dati relativi alla regolazione delle protezioni, le sezioni dei cavi, ecc. possono essere riportati su schemi diversi e tenuti a disposizione per gli interventi di manutenzione o modifica.

2.6.6 Materiale per l'esercizio e la manutenzione


In ciascun locale dove possono essere effettuate manovre sull'impianto di II categoria, a meno che gli addetti non ne siano dotati, devono essere disponibili le appropriate dotazioni di sicurezza (pedane o tappeti isolanti, fioretto di manovra, guanti isolanti).

2.6.7 Mezzi di estinzione

Gli eventuali mezzi di estinzione devono essere collocati in luoghi facilmente accessibili anche in caso di incendio. L'acqua non deve essere usata per lo spegnimento di incendi, quando le materie con le quali verrebbe a contatto possono reagire in modo da aumentare notevolmente di temperatura o da svolgere gas infiammabili o nocivi. L'acqua (a meno che non si tratti di acqua nebulizzata) e le altre sostanze conduttrici non devono essere usate in prossimità di conduttori, macchine e apparecchi elettrici sotto tensione e si consiglia vivamente di non ricorrere a getti d'acqua per lo spegnimento di fiamme o incendio che si siano prodotti all'interno del locale cabina.

2.6.8 Qualifica del personale

Il personale che entra in cabina è autorizzato nel momento stesso in cui riceve la chiave dal responsabile dell'impianto. Ovviamente, può essere autorizzata una persona che abbia conoscenze tecniche o esperienza

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 19 di 31</p> |
|---|--|--|

(persona esperta - PES) o che abbia ricevuto istruzioni specifiche sufficienti per permetterle di prevenire i pericoli dell'elettricità, in relazione a determinate operazioni condotte in condizioni specificate (persona avvertita - PAV).

Persona esperta è, ad esempio, un installatore o un manutentore qualificato. L'addetto alle pulizie della cabina è invece una persona comune e per diventare persona avvertita deve ricevere adeguate istruzioni e/o sorveglianza, in relazione al tipo di cabina (a giorno o con quadri chiusi), al tipo di intervento richiesto ed agli attrezzi utilizzati. Ad esempio, per eseguire la pulizia di una cabina a giorno con parti attive accessibili deve essere sorvegliato da una persona esperta. In una cabina con parti attive non accessibili è sufficiente un'informazione sui rischi presenti e comportamenti da seguire.

Da notare che gli aggettivi "esperta" o "avvertita" hanno una validità generale e non sono da confondere con il caso particolare relativo alle qualifiche richieste per i lavori elettrici. In altre parole, per entrare in cabina non è necessario avere la qualifica di persona esperta o avvertita ai fini dei lavori elettrici, a meno che non si debbano eseguire tali lavori.


2.7 Apparecchiature e componenti

2.7.1 Connessioni elettriche

Le connessioni elettriche devono essere eseguite in modo tale da non rappresentare punti deboli e devono essere studiate in modo da limitare la possibilità di effluvio, presentare una bassa resistenza elettrica e un'adeguata resistenza meccanica. In particolare, le connessioni dovranno avere caratteristiche elettriche e termiche non inferiori a quelle dei cavi o dei conduttori ad essi collegati. Le connessioni dei conduttori con i terminali degli apparecchi devono essere comunque tali da non trasmettere ai terminali inammissibili sollecitazioni termiche o meccaniche dovute a peso, dilatazione, vibrazioni, correnti di cortocircuito. Si raccomanda particolare attenzione all'ancoraggio dei cavi unipolari in corrispondenza alle connessioni terminali. Le connessioni devono essere realizzate con metalli che non diano luogo a coppie elettrolitiche; ove ciò non sia possibile devono essere adottati provvedimenti atti ad evitare il contatto diretto tra gli stessi. Le superfici di contatto delle connessioni devono essere preparate e protette in modo da assicurare il mantenimento nel tempo delle loro caratteristiche di conduttività.

2.7.2 Materiali isolanti

I materiali isolanti devono essere scelti in base alla tensione, all'ambiente di installazione e alla temperatura massima di servizio continuativo cui sono sottoposti e devono avere adeguate caratteristiche di non propagazione della fiamma. In caso di locali contigui tra i quali si voglia realizzare la separazione, la

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 20 di 31</p> |
|---|--|--|

continuità dei circuiti che non siano realizzati a mezzo di cavi viene assicurata a mezzo di appositi isolatori a passante. Se si adottano altri sistemi, questi devono offrire la stessa garanzia di segregazione degli isolatori passanti.


2.7.3 Sezionatori

Nei sistemi di II categoria un dispositivo di sezionamento deve essere previsto in corrispondenza di ogni interruttore, dei fusibili di protezione e di ogni interruttore di manovra che non soddisfi le norme dei sezionatori. La possibilità di sezionamento del circuito deve essere prevista anche sulle linee di alimentazione o con possibile alimentazione di ritorno ed il sezionatore può essere posizionato anche lontano dalla cabina stessa. Gli apparecchi di manovra in esecuzione estraibile delle apparecchiature prefabbricate con involucro metallico svolgono anche la funzione di sezionatore. I sezionatori sono in genere interbloccati con i relativi apparecchi di manovra in modo da impedire la loro apertura o chiusura sotto carico. Qualora ciò non venga realizzato, sul pannello frontale della cella è consigliabile che sia indicata la corretta sequenza delle operazioni di manovra. I dispositivi di sezionamento devono essere equipaggiati in modo da permetterne il bloccaggio in posizione di aperto e chiuso. Il comando del dispositivo di sezionamento deve consentire l'applicazione dei blocchi eventualmente previsti in base alle esigenze della cabina. Ad ogni sezionatore o apparecchio di manovra in esecuzione estraibile è opportuno associare un sezionatore di terra interbloccato con la sua posizione di aperto o sezionato. Nel caso di sezionatori di terra posti in corrispondenza di una linea per la quale esiste la possibilità di alimentazione dall'altra estremità possono essere prese in considerazione, ad esempio, le seguenti soluzioni:

- Uso di sezionatore di terra con blocco a chiave condizionato al sicuro sezionamento della linea all'altra estremità;
- Uso di sezionatore di terra con potere di chiusura adeguato al valore della corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

I sezionatori e i sezionatori di terra devono avere caratteristiche termiche e dinamiche adeguate all'intensità e alla durata della corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Il comando meccanico deve essere facilmente manovrabile dall'operatore e dal posto di comando deve essere possibile riconoscere la posizione raggiunta dal dispositivo di sezionamento mediante una delle seguenti condizioni:

- Sezionamento visibile;
- Segnalazione di un dispositivo indicatore sicuro;

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 21 di 31</p> |
|---|--|--|

- Posizione della parte estraibile rispetto alla parte fissa chiaramente identificabile rispetto al completo inserimento od al completo sezionamento.

2.7.4 Interruttori

Nei sistemi di II categoria gli interruttori devono avere un potere di interruzione e di chiusura adeguato alla corrente di cortocircuito calcolata nel punto di installazione. Gli interruttori devono avere un comando di apertura e di chiusura con manovra indipendente dall'operatore. Quando è previsto un comando con sorgente esterna di energia, deve essere previsto anche un comando a mano di emergenza.

2.7.5 Interruttori di manovra

Nei sistemi di II categoria per gli interruttori valgono le disposizioni sopraelencate e per gli interruttori di manovra sezionatori si fa riferimento al paragrafo "Sezionatori" di questa relazione. Nel caso di combinazione interruttore di manovra-fusibile l'intervento di un fusibile deve provocare l'apertura automatica di tutti i poli dell'interruttore di manovra.

2.7.6 Relè di protezione

Ogni circuito equipaggiato con interruttore che svolge la funzione di protezione del circuito stesso deve essere dotato di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti che agiscono sul comando di apertura dell'interruttore.


I dispositivi di protezione possono essere:

- Relè diretti;
- Relè indiretti senza alimentazione ausiliaria;
- Relè indiretti con alimentazione ausiliaria.

I relè indiretti possono essere inseriti sia a monte che a valle dell'interruttore purché sia assicurato il funzionamento corretto dell'insieme, inoltre si deve prestare particolare attenzione all'adeguatezza delle loro caratteristiche termiche e dinamiche.

I relè di massima corrente possono essere con caratteristica di intervento a tempo dipendente, indipendente, istantaneo o con una combinazione di queste.

L'alimentazione dei circuiti amperometrici dei relè indiretti dovrebbe essere fatta preferibilmente da trasformatori di corrente di protezione o, nel caso di trasformatori con più secondari, utilizzando i secondari di protezione.

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWp, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 22 di 31</p> |
|---|--|--|

Nel caso di impiego di relè indiretti senza alimentazione ausiliaria, l'energia necessaria al funzionamento del relè e dello sganciatore viene prelevata direttamente dalla corrente di guasto. Il relè deve essere dotato di un dispositivo di prova che consenta di verificare agevolmente il suo corretto funzionamento.

Nel caso di impiego di relè indiretti con alimentazione ausiliaria, è necessario disporre di una sorgente indipendente che assicuri l'alimentazione anche in caso di guasto.

2.7.7 TA e TV di protezione


I trasformatori di corrente (TA) e i trasformatori di tensione (TV) di protezione hanno esigenze e quindi caratteristiche diverse dai TV di misura. I TA e TV di misura devono garantire una corretta misurazione della grandezza (corrente o tensione), nel proprio campo d'impiego e salvaguardare gli strumenti di misura da eventuali sovracorrenti. Ad esempio, i TA di misura garantiscono in genere una risposta lineare per correnti da 0,1 In a 1,2 In e saturano rapidamente per valori superiori, in modo che eventuali correnti di cortocircuito non danneggiano i delicati equipaggi degli strumenti di misura collegati sul secondario. I TA e i TV di protezione, invece, devono garantire una rilevazione corretta della grandezza elettrica per un campo di valori molto più ampio di un trasformatore di misura. Non si può impiegare un TA di misura per alimentare un relè di protezione, perché il TA di misura va in saturazione con le correnti di cortocircuito: la corrente sul secondario non è più proporzionale a quella sul primario e potrebbe non provocare l'intervento delle protezioni di massima corrente. I circuiti secondari di TA e TV devono essere collegati a terra (se non sono separati dal primario con uno schermo messo a terra), con conduttore di sezione minima 2,5 mm² se protetto meccanicamente, altrimenti 4 mm².

2.7.8 Trasformatori

I trasformatori devono essere installati in modo da impedire contatti accidentali con i terminali e le superfici isolanti degli avvolgimenti. Il trasformatore va installato in uno dei seguenti modi:

- Dietro barriere rigide, di altezza almeno uguale a 2 m;
- Dietro ostacoli di altezza compresa tra 1,2 m e 1,4 m (parapetti catene o funi), aventi una distanza minima dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore maggiore o uguale alla distanza di guardia $A = (d_g + 1250)$ mm;
- In involucri con grado di protezione almeno IP2X. Al di fuori delle cabine elettriche è richiesto un grado di protezione minimo IP23D.

Per quanto riguarda la possibilità di installazione dietro barriere rigide, bisogna tener conto che:

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 23 di 31</p> |
|---|--|--|

- Per barriere con grado di protezione maggiore o uguale a IP1XB la distanza dai terminali MT e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di guardia (dg);
- Per barriere metalliche, collegate a terra, con grado di protezione maggiore o uguale a IP3X la distanza dai terminali e dalle superfici isolanti del trasformatore deve essere maggiore o uguale alla distanza di isolamento fase – terra (N).

I trasformatori in resina possono essere installati, senza particolari accorgimenti, nello stesso locale con i quadri di media e bassa tensione. Nel caso di più trasformatori in resina di classe F1 nello stesso locale, non sono prescritte particolari precauzioni contro gli incendi, né provvedimenti per la loro separazione.

Una separazione tra i trasformatori, mediante pareti di materiale incombustibile è comunque vantaggiosa, perché permette di accedere in sicurezza a ciascuna unità, mantenendo le altre in servizio. Gli involucri di protezione ostacolano la libera circolazione dell'aria, il che potrebbe portare al declassamento della potenza del trasformatore.

Le ditte costruttrici hanno pertanto adottato, per potenze fino a 2500 kVA, opportuni accorgimenti che creano all'interno degli involucri le stesse condizioni ambientali che si avrebbero in assenza del contenitore. Tali condizioni devono essere garantite dal costruttore del trasformatore, che generalmente è anche fornitore dell'involucro. L'accesso all'involucro di protezione, necessario per le normali operazioni di ispezione e di manutenzione, deve essere effettuato con l'impianto fuori servizio e in sicurezza. A tal fine, un sistema di interblocco a chiave con gli organi di sezionamento, oppure l'impiego di pannelli avvitati asportabili solo con l'uso di attrezzi, contribuiscono ad aumentare la sicurezza degli operatori contro i contatti diretti.

2.7.9 Protezione contro i fulmini

L'impianto in progetto sarà soggetto a periodica manutenzione che comporta, pertanto, la presenza occasionale del personale addetto. Secondo il decreto Legislativo 81/2008, quindi, il datore di lavoro alla denuncia all'ASL/ARPA e all'ISPESL dei dispositivi di collegamento a terra e di dispersione delle scariche atmosferiche e alla verifica periodica degli stessi da parte dell'ASL/ARPA, o di un organismo abilitato, secondo l'art. 4 dello stesso decreto.

2.8 Strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici

Il dimensionamento e la verifica delle strutture in acciaio sono stati eseguiti utilizzando il modello riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** implementato nel software MasterSap. In particolare, come si può osservare dalla figura, le analisi sono state condotte su una struttura costituita da 6 pali in acciaio e da travi principali con sezione rettangolare cava. Tale schema corrisponde ad una stringa costituita da 30 moduli. Per quanto riguarda le sezioni degli elementi strutturali, per i pali sono state utilizzate sezioni ad H tipo HEA200 per i pilastri esterni, HEA220 per i pilastri interni, travi principali con sezione 140x100x3mm. Per tutti gli elementi strutturali, è stato utilizzato un acciaio S420MC. Definite le caratteristiche delle sezioni e il materiale degli elementi strutturali, sono stati valutati i carichi agenti e successivamente effettuate le verifiche.

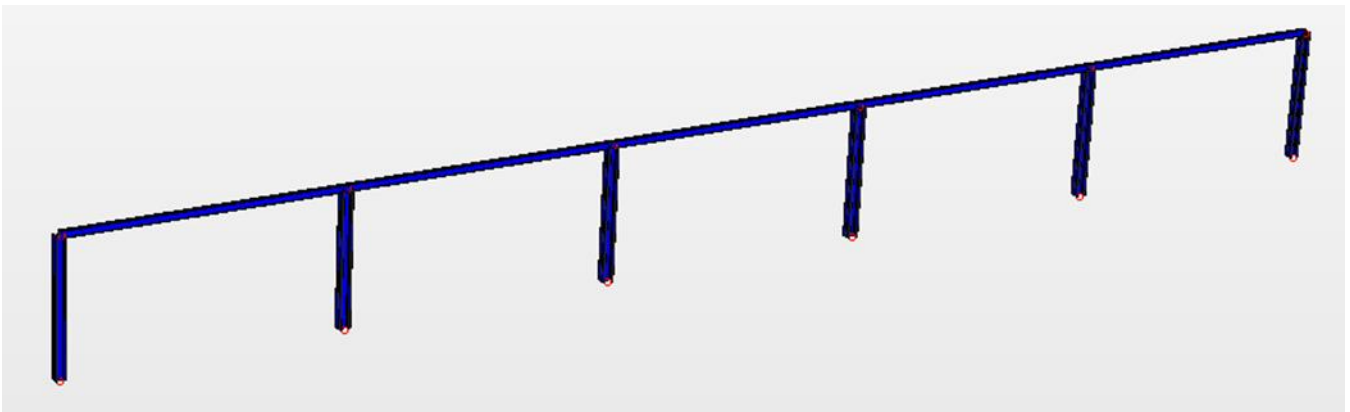


Figura 10 - *Modello di calcolo.*

I carichi agenti da considerare sono:

- Peso permanente strutturale degli elementi in acciaio (G1) valutati automaticamente dal software di calcolo;
- Peso permanente non strutturale dei moduli (G2);
- Carico variabile da neve (Q1);
- Carico variabile da vento (Q2).

2.9 Impianto di videosorveglianza e illuminazione

Si installerà un impianto anti-intrusione perimetrale comprensivo di filo di movimento, sensori perimetrali e tutto il necessario per rendere l'impianto funzionante. Inoltre verrà realizzata una trincea lungo il perimetro, per il passaggio del cavo dati necessario alla realizzazione dell'impianto di video sorveglianza e del cavidotto di illuminazione. I pali per l'illuminazione saranno lampioni solari stradali con corpo illuminante a LED, collegati da un cavidotto di tubi in polietilene ad alta rigidità SN 4: Ø esterno 200 mm, Ø interno 172 mm.

Nella scelta del sistema di illuminazione, si è deciso di: impiegare lampade al vapore di sodio a bassa pressione di una tecnologia LED, che oltre ad assicurare un ridotto consumo energetico, presentano una luce con banda di emissione limitata alle frequenze più lunghe, lasciando quasi completamente libera la parte dello spettro corrispondente all'ultravioletto così da limitare gli effetti di interferenza a carico degli invertebrati notturni; di indirizzare il flusso luminoso verso terra, evitando dispersioni verso l'alto e al di fuori dell'area di intervento; di utilizzare esclusivamente ottiche schermate che non comportino l'illuminazione oltre la linea dell'orizzonte.

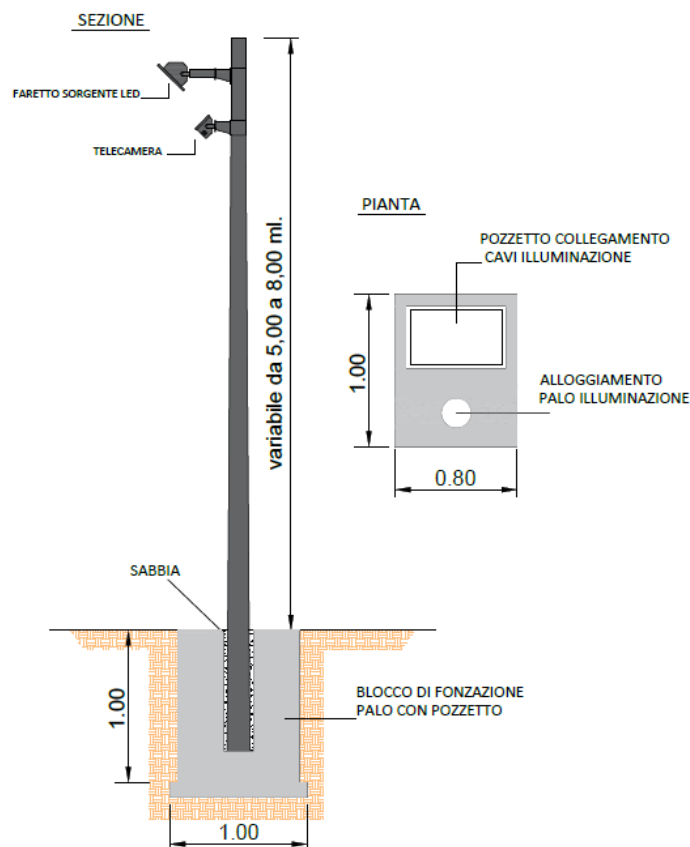


Figura 11 - Particolare palo di illuminazione con pozzetto di fondazione e videocamera

2.10 Recinzioni e cancelli

Lungo il perimetro verrà collocata una recinzione metallica con maglia 50x50 mm, in filo di ferro zincato, Ø 2 mm, di altezza 2 m ancorata a pali di sostegno in profilato metallico a T.

Per l'ingresso previsto un cancello carrabile largo m 6.50 ed un cancello in acciaio S235 JR secondo la norma UNI EN 10025 di altezza 2 m, completo di serratura manuale e guide di scorrimento a terra, inserito fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

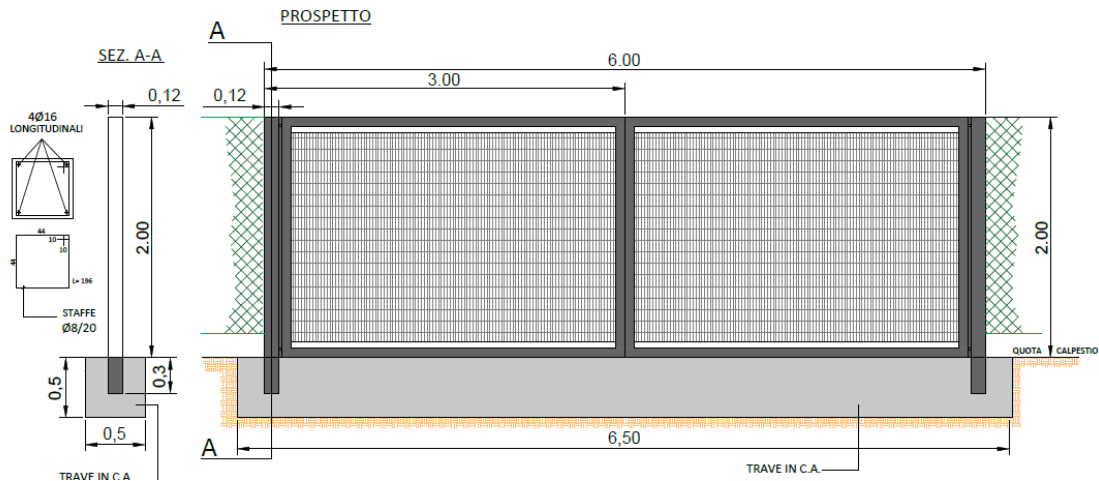
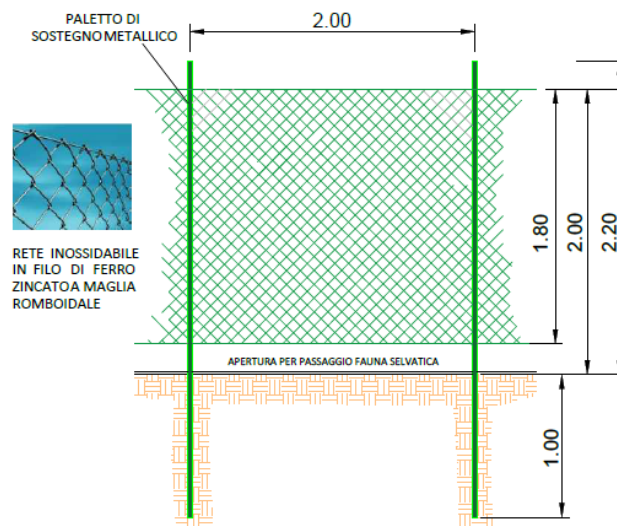


Figura 12 - Particolari cancello




| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 27 di 31</p> |
|---|--|--|

Figura 13 - Particolare recinzione

2.11 Viabilità

Allo scopo di consentire la movimentazione dei mezzi nella fase di esercizio saranno realizzate delle strade di servizio (piste) all'interno dell'area di impianto. La viabilità sarà tipicamente costituita da una strada perimetrale ed alcune trasversali interne di ampiezza pari a circa 4,0 m, saranno realizzate con inerti compattati. Il materiale costituente le strade sarà idoneo alla formazione di rilevato stradale provenienti da cave di prestito.

La viabilità a servizio dell'impianto sarà smantellata e rinaturalizzata solo limitatamente in quanto essa in parte è costituita da strade già esistenti ed in parte da nuove strade che potranno costituire una rete di tracciati a servizio dell'attività agricola.

2.12 Fondazioni


Le fondazioni per la recinzione e il cancello di ingresso saranno realizzate mediante calcestruzzo durabile a prestazione garantita, con classe di consistenza S4.

Per quanto concerne l'illuminazione sarà prevista la fornitura e posa in opera di blocco di fondazione prefabbricato in calcestruzzo con pozzetto incorporato per il sostegno dei pali con cavo in inghisaggio.

Le fondazioni per le cabine di trasformazione e per i vari locali tecnici (locale mensa, spogliatoio, N. 2 uffici), mediante calcestruzzo durabile a prestazione garantita, con classe di consistenza S4.

Le fondazioni delle strutture in acciaio saranno costituite da pali in acciaio a sezione rettangolare cava. Tali pali dovranno essere infissi nel terreno per la profondità di 3,9 m mediante un processo di battitura del palo in modo da non avere nessuna necessità di realizzare fondazioni in c.a. prefabbricate o gettate in opera, con un impatto sul sottosuolo praticamente inesistente e completa reversibilità.

Le strutture di sostegno dei pannelli saranno rimosse tramite smontaggio meccanico, per quanto riguarda la parte aerea, e tramite estrazione dal terreno dei pali di fondazione infissi. I materiali ferrosi ricavati verranno inviati ad appositi centri di recupero e riciclaggio istituiti a norma di legge. Per quanto attiene al ripristino del terreno non sarà necessario procedere a nessuna demolizione di fondazioni in quanto non si utilizzano elementi in calcestruzzo gettati in opera.

| | | |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024</p> <p style="text-align: center;">Pag. 28 di 31</p> |
|---|--|--|

2.13 Movimenti di terra


Gli scavi saranno effettuati con mezzi meccanici, evitando scoscendimenti e franamenti. I materiali rinvenuti dagli scavi, realizzati per l'esecuzione della viabilità e posa dei cavi:

- Potranno essere impiegati per il ripristino dello stato dei luoghi, relativamente alle opere temporanee di cantiere;
- Potranno essere impiegati per la realizzazione/adeguamento delle strade e/o piste nell'ambito del cantiere (pertanto in situ);
- Se in eccesso rispetto alla possibilità di reimpiego in situ, saranno gestiti quale rifiuti (parte IV del D. Lgs. 152/2006) e trasportati presso un centro di recupero autorizzato o in discarica.

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

In particolare, le attività di scavo quando previste, potranno essere suddivise in diverse fasi:

- A. Scotico: asportazione di uno strato superficiale del terreno vegetale, per una profondità fino a 20 cm, eseguito con mezzi meccanici; l'operazione viene eseguita per rimuovere la bassa vegetazione spontanea e per preparare il terreno alle successive lavorazioni (scavi, formazione di sottofondi per opere di pavimentazione, ecc). Escluso il taglio degli alberi con diametro del tronco maggiore di 10 cm e l'asportazione delle relative ceppaie.
- B. Scavo di sbancamento/splateamento: realizzato al di sotto oppure al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno o dello sbancamento precedentemente eseguito, sempre che il fondo dello scavo sia accessibile ai mezzi di trasporto e comunque il sollevamento non sia effettuato mediante il tiro in alto.
- C. Scavo a sezione ristretta obbligata: tutti gli scavi incassati per la realizzazione dei cavidotti lungo le strade da realizzare o da adeguare, sempre che il fondo dello scavo non sia accessibile ai mezzi di trasporto e comporti il sollevamento verticale per l'eliminazione dei materiali scavati; realizzato al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno.

| | | |
|---|---|---|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024 Pag. 29 di 31</p> |
|---|---|---|

3 OPERE DI CONNESSIONE

3.1 Cavi MT

Il trasporto dell'energia avviene mediante l'utilizzo di cavi interrati posati in trincea a sezione trapezoidale sul letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17. Per i cavi interrati le Norme CEI 11-17 prevedono una protezione meccanica che può essere intrinseca al cavo stesso oppure supplementare, a seconda del tipo di cavo e della profondità di posa. Nel caso specifico, nella posa di cavi in trincea a cielo aperto si esegue, quale protezione meccanica, la disposizione di un apposito tegolino in PVC posto ad almeno 20 cm rispetto al cavo stesso. Inoltre, sovrastante il sopradetto tegolino di protezione, viene sistemato un nastro di segnalazione di colore rosso con l'indicazione: CAVI ELETTRICI.

Per i calcoli seguenti si è supposta una resistività termica del terreno media ossia pari a $1,5^{\circ}\text{Cm/W}$

Gli elementi essenziali che costituiscono un cavo sono il conduttore, il quale deve assolvere la funzione del trasporto della corrente elettrica, e l'isolamento, desinato ad isolare elettricamente la parte attiva (il conduttore) dall'ambiente di posa e sostenere, nel tempo, la tensione di esercizio.

I cavi MT per posa interrata si distinguono in unipolari, tripolari ad elica visibile (a campo radiale), tripolari cinturati (a campo non radiale).

Per il cavidotto in oggetto si ipotizza di utilizzare cavi in rame di sezione 800 mm^2 aventi le seguenti caratteristiche:

RG7H1R - 18/30 kV

U_o/U: 18/30 kV

U max: 36 kV


Caratteristiche tecniche

| Formazione | Ø indicativo conduttore | Spessore medio isolante | Ø esterno max | Peso indicativo cavo | Portate di corrente A | | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
| | | | | | in aria | | interrato* | |
| n° x mm ² | mm | mm | mm | kg/km | a trifoglio | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 50 | 8,1 | 8,0 | 34,1 | 1440 | 229 | 254 | 214 | 222 |
| 1 x 70 | 9,7 | 8,0 | 36,2 | 1700 | 285 | 316 | 263 | 272 |
| 1 x 95 | 11,4 | 8,0 | 38,2 | 2015 | 347 | 387 | 314 | 325 |
| 1 x 120 | 12,9 | 8,0 | 40,0 | 2375 | 401 | 445 | 358 | 370 |
| 1 x 150 | 14,3 | 8,0 | 41,0 | 2705 | 452 | 505 | 400 | 415 |
| 1 x 185 | 16,0 | 8,0 | 43,1 | 3060 | 520 | 580 | 453 | 469 |
| 1 x 240 | 18,3 | 8,0 | 45,0 | 3790 | 615 | 680 | 525 | 540 |
| 1 x 300 | 21,0 | 8,0 | 47,0 | 4470 | 705 | 775 | 593 | 606 |
| 1 x 400 | 23,2 | 8,0 | 51,1 | 5475 | 815 | 895 | 671 | 685 |
| 1 x 500 | 26,1 | 8,0 | 53,0 | 6600 | 943 | 1030 | 761 | 775 |
| 1 x 630 | 30,3 | 8,0 | 60,2 | 8110 | 1085 | 1170 | 860 | 875 |

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:
 - Resistività termica del terreno: 1 K·m/W
 - Temperatura ambiente 20°C
 - profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

| Formazione | Resistenza elettrica a 20°C | Resistenza apparente a 90°C e 50Hz | | Reattanza di fase | | Capacità a 50Hz |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------|-------------------|----------|-----------------|
| | | a trifoglio | in piano | a trifoglio | in piano | |
| n° x mm ² | Ω/Km | a trifoglio | in piano | a trifoglio | in piano | μF/km |
| 1 x 50 | 0,387 | 0,494 | 0,494 | 0,15 | 0,20 | 0,15 |
| 1 x 70 | 0,268 | 0,342 | 0,342 | 0,14 | 0,20 | 0,16 |
| 1 x 95 | 0,193 | 0,246 | 0,246 | 0,13 | 0,19 | 0,18 |
| 1 x 120 | 0,153 | 0,196 | 0,196 | 0,13 | 0,18 | 0,19 |
| 1 x 150 | 0,124 | 0,159 | 0,158 | 0,12 | 0,18 | 0,20 |
| 1 x 185 | 0,0991 | 0,128 | 0,127 | 0,12 | 0,18 | 0,22 |
| 1 x 240 | 0,0754 | 0,0985 | 0,0972 | 0,11 | 0,17 | 0,24 |
| 1 x 300 | 0,0601 | 0,0797 | 0,0779 | 0,11 | 0,17 | 0,27 |
| 1 x 400 | 0,0470 | 0,0638 | 0,0616 | 0,11 | 0,16 | 0,29 |
| 1 x 500 | 0,0366 | 0,0517 | 0,0489 | 0,10 | 0,16 | 0,32 |
| 1 x 630 | 0,0283 | 0,0425 | 0,0389 | 0,099 | 0,16 | 0,36 |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p style="text-align: center;">INTERVENTO PER L'ATTUAZIONE DELLA TRANSIZIONE ENERGETICA, MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO DIFFUSO A TERRA, DI POTENZA PARI A CIRCA 160,00 MWP, CON SISTEMA DI STORAGE E GRUPPO POWER-TO-GAS, PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE.</p> <p style="text-align: center;">Relazione tecnica impianto fotovoltaico e delle opere architettoniche</p> | <p style="text-align: center;">DATA: MARZO 2024 Pag. 31 di 31</p> |
|---|--|---|

Il dimensionamento dei cavi MT è stato realizzato al fine di garantire le seguenti relazioni:

- $I_c \leq I_n$
- $\Delta V\% \leq 3\%$

Dove

- I_c è la corrente di impiego del cavo;
- I_n è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina d'impianto.