

**REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI SORBOLO**

Committente:	SOR SOLAR S.a.s. di Sarsol S.r.l. & C. VIA DELLE CORSE 91 39012 Merano (BZ) p.iva 03130590213 REA BZ - 234639
---------------------	--

Progetto:	REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA A ORIENTAMENTO MONIASSIALE DI POTENZA 6.000kW
------------------	--

Codice:	E-01
----------------	-------------

Progettista:	 Studio Tecnico Lissa Giorgio e Roberto snc Via Padre Leopoldo, 17 - 36016 Thiene (VI) T./F. +39 0445 368655 P.IVA: 03513740245 info@studiolissa.com - www.studiolissa.com Progettazione di impianti elettrici e da fonti rinnovabili
---------------------	--

Oggetto:	RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO AI SENSI DELLA NORMA CEI 0-21 E D.M. 37/08
-----------------	---

PROGETTO PRELIMINARE		PROGETTO DEFINITIVO	X	PROGETTO ESECUTIVO		DOCUMENTAZIONE FINALE DI PROGETTO	
---------------------------------	--	--------------------------------	----------	-------------------------------	--	--	--

Data:	Revisione:	Descrizione:

SOMMARIO

1. SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2. DEFINIZIONI	3
3. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
4. VALENZA DELL'INIZIATIVA	5
5. IDENTIFICAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI IMPIANTO	6
6. DATI DI PROGETTO.....	6
6.1 Dati di progetto di carattere generale	6
6.2 Dati di progetto relativi al sito di installazione	6
6.3 Dati di progetto relativi alle influenze esterne	6
6.4 Dati di progetto relativi alla rete elettrica	8
7. PRESCRIZIONI GENERALI PER L'ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI	8
7.1 Caduta di tensione e portata dei conduttori	8
7.2 Classificazione dei gradi di protezione	9
7.3 Sezione dei conduttori di fase e neutro	9
7.4 Sezione minima dei conduttori di protezione (PE)	9
7.5 Sezionamento e comando	10
7.6 Ulteriori prescrizioni tecniche.....	11
8. PROTEZIONI	11
8.1 Protezione contro i contatti diretti	11
8.2 Protezione contro i contatti indiretti – sistema TN (sezione a corrente alternata).....	12
8.3 Protezione contro i contatti indiretti – sistema IT (sezione a corrente continua).....	12
8.4 Protezione delle persone da parti in tensione poste all'interno degli involucri.....	13
8.5 Componenti elettrici in classe II o con isolamento equivalente	13
8.6 Protezione delle condutture contro le sovracorrenti	14
9 DESCRIZIONE E DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA.....	15
9.1 Sito di installazione	15
9.2 Opere da realizzare	15
9.3 Componenti dell'impianto fotovoltaico	15
10. PROTEZIONE DA SOVRATENSIONI	19
11. FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA	19
11.1 STIMA DELLA PRODUCIBILITA'.....	19
11.2 STIMA DELLE EMISSIONI INQUINANTI EVITATE	23
12. PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER L'INSTALLAZIONE	23
13. INDICAZIONI PER LA MANUTENZIONE	24
14. CRITERI UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO.....	25

1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Il documento definisce nel dettaglio tutte le scelte tecniche e progettuali adottate per il raggiungimento degli obiettivi di progetto.

La relazione riguarda la consistenza e la tipologia dell'impianto fotovoltaico ed è il documento che svolge la funzione di raccordo tra i diversi documenti che costituiscono il progetto. In particolare, i contenuti del seguente documento saranno conformi a quanto richiesto dall'art. 3.5.2 della norma CEI 0-2, per i punti applicabili al caso di specie.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico posizionato a terra in una area incolta situata lungo la strada provinciale 37 in comune di Sorbolo.

L'impianto funzionerà in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica a media tensione ed è realizzato con lo scopo di cedere alla rete tutta l'energia prodotta al netto dell'autoconsumo proprio di centrale.

2. DEFINIZIONI

Si riportano di seguito le definizioni di alcuni termini ricorrenti nel campo dell'installazione di generatori fotovoltaici per costituire sistemi elettrici di generazione di potenza destinati ad essere connessi alla rete elettrica.

Angolo di azimut (scostamento): angolo esistente tra la normale al piano di captazione solare (modulo fotovoltaico) e il piano del meridiano terrestre che interseca il piano di captazione in un punto centrale. L'angolo è positivo per orientamenti verso Est, negativo per orientamenti verso Ovest.

Angolo di inclinazione (tilt): angolo formato dal modulo fotovoltaico con l'orizzontale (piano tangente alla superficie terrestre in quel punto). L'angolo è positivo per inclinazioni rivolte verso l'equatore, negativo per inclinazioni rivolte verso il polo.

Blocco o sottocampo o sub-campo fotovoltaico: una o più stringhe fotovoltaiche associate e distinte in base a determinate caratteristiche, così come può essere l'occupazione geometrica del suolo, oppure le cui stringhe sono interconnesse elettricamente per dare la potenza nominale al sistema di condizionamento della potenza.

Campo fotovoltaico: l'insieme di tutti i blocchi o sottocampi che costituiscono l'impianto fotovoltaico.

Cella fotovoltaica: dispositivo base allo stato solido che converte la radiazione solare direttamente in elettricità a corrente continua.

Condizioni Standard: condizioni in cui l'irraggiamento della radiazione solare è pari a 1000 W/m^2 , con distribuzione dello spettro solare di riferimento di, massa d'aria convenzionale $AM=1,5$ e temperatura delle celle di 25°C .

Convertitore statico c.c./c.a.: apparecchiatura che rende possibile la conversione ed il trasferimento della potenza da una rete in corrente continua alla rete in corrente alternata. La tipologia maggiormente impiegata viene denominata invertitore statico o inverter.

Impianto fotovoltaico connesso alla rete: sistema di produzione dell'energia elettrica costituito da un insieme di componenti ed apparecchiature destinate a convertire l'energia contenuta nella radiazione solare in energia elettrica da consegnare alla rete di distribuzione in corrente alternata monofase o trifase. I componenti fondamentali dell'impianto sono:

1. il generatore fotovoltaico vero e proprio, costituito dal campo fotovoltaico;
2. il Sistema di Condizionamento della Potenza (PCS).

Modulo fotovoltaico: insieme di celle fotovoltaiche, connesse elettricamente e sigillate meccanicamente dal costruttore in un'unica struttura (tipo piatto piano), o ricevitore ed ottica (tipo a concentrazione).

Costituisce l'unità minima singolarmente maneggiabile e rimpiazzabile.

Potenza di picco: è la potenza espressa in Wp (watt di picco), erogata nel punto di massima potenza nelle condizioni standard dal componente o sottosistema fotovoltaico.

Quadro di sottocampo: o anche di parallelo stringhe, è un quadro elettrico in cui sono convogliate le terminazioni di più stringhe per il loro collegamento in parallelo. In esso vengono installati anche dispositivi di sezionamento e protezione.

Quadro generale: è il quadro nel quale convoglia tutta la potenza elettrica dei sottocampi e ha la funzione di protezione dei circuiti e del trasformatore elevatore, misura, interfaccia con la rete e alimentazione dei servizi ausiliari.

Quadro di consegna BT: è un quadro elettrico in cui viene effettuato il collegamento elettrico dell'impianto alla rete elettrica in media tensione. Esso contiene apparecchiature per sezionamento, interruzione, protezione e misura.

Rete pubblica in bassa tensione (BT): rete di distribuzione dedicata alla distribuzione pubblica in corrente alternata, di tipo trifase, con tensione nominale 220/380V.

Sistema di Condizionamento della Potenza (PCS): è costituito da un componente principale, il convertitore statico c.c./c.a. (inverter), e da un insieme di apparecchiature di comando, misura, controllo e protezione affinché l'energia venga trasferita alla rete con i necessari requisiti di qualità ed in condizioni di sicurezza sia per gli impianti che per le persone.

Società Elettrica: soggetto titolare della gestione ed esercizio della rete di distribuzione dell'energia elettrica agli utenti.

Stringa: un insieme di moduli connessi elettricamente in serie per raggiungere la tensione di utilizzo idonea per il sistema di condizionamento della potenza (PCS). I moduli a costituire la stringa possono far parte di diverse schiere.

Utente: persona fisica o giuridica che usufruisce del servizio di fornitura dell'energia elettrica. Tale servizio è regolato da un contratto di fornitura stipulato con la Società elettrica.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nella redazione e realizzazione del progetto dovranno essere rispettate le disposizioni di legge vigenti in materia e le norme tecniche CEI-UNI.

I criteri di sicurezza e di segregazione delle aree interessate dagli impianti elettrici vengono stabiliti nel rispetto dei DM 22/01/2008 n. 37, DLgs 09/04/2008 n. 81, e s.m.i.

Le opere vengono eseguite a regola d'arte e i criteri di installazione e manutenzione corrispondono alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI e ISO vigenti anche se non espressamente richiamate nel seguito.

In particolare si ricordano le seguenti:

CEI 0-2	Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli impianti elettrici.
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 11-20	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
CEI 20-19	Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V.
CEI 20-20	Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750V.
CEI 20-21	Calcolo delle portate dei cavi elettrici.
CEI 20-40	Guida per l'uso di cavi in bassa tensione.
CEI EN 50086-1	Sistemi di tubi e accessori per le installazioni elettriche. Parte 1 : Prescrizioni generali.

CEI EN 50086-2	Sistemi di tubi e accessori per le installazioni elettriche. Parte 2-2: Prescrizioni per tubi rigidi e accessori.
CEI EN 50086-2	Sistemi di tubi e accessori per le installazioni elettriche. Parte 2-3: Prescrizioni per tubi flessibili e accessori.
CEI EN 60099-4	Scaricatori. Scaricatori ad ossido metallico.
CEI EN 60439-1	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per BT (quadri BT).
CEI EN 60439-2	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per BT (quadri BT).
CEI EN 60439-3	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per BT (quadri BT).
CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (codice IP).
CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
CEI EN 62305	Protezione delle strutture contro i fulmini.
CEI EN 60904-1	Dispositivi fotovoltaici. Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.
CEI EN 60904-3	Dispositivi fotovoltaici. Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.
CEI EN 60891	Caratteristica I-V di dispositivi fotovoltaici in silicio cristallino. Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura ed irraggiamento.
CEI EN 61173	Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici per la produzione di energia. Guida.
CEI EN 61215	Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazioni del tipo.
CEI EN 61727	Sistemi fotovoltaici. Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete.
CEI 82-25	Guida alla Realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti di Media e Bassa tensione.

D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Legge 1 marzo 1968 n. 186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, materiali e impianti elettrici ed elettronici.

DPR 22 ottobre 2001 n. 462 Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.

Delibera AEEG 88-07 disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.

4. VALENZA DELL'INIZIATIVA

La realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione ha lo scopo di produrre energia elettrica in un punto prossimo al consumo.

Più in generale, l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- lo sfruttamento di superfici già edificate, abbandonate, contaminate e non utilizzabili per altri scopi.

5. IDENTIFICAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI IMPIANTO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico connesso alla rete di distribuzione nazionale, il Gestore Locale di Rete è E-Distribuzione s.p.a. con il quale vengono definite le modalità di connessione alla rete in applicazione della norma CEI 0-16.

L'intervento prevede la realizzazione di strutture di supporto di tipo orientabile, per realizzare un inseguimento del miglior angolo di incidenza solare, lungo l'asse orizzontale. Il posizionamento nel terreno avverrà, in previsione di progetto, mediante infissione, senza l'impiego di calcestruzzo.

Una rete di distribuzione elettrica composta di circuiti a corrente continua realizzati a bordo della struttura di supporto unitamente ad una rete di tubazioni in PVC corrugato interrato condurrà l'energia prodotta dai generatori fotovoltaici verso i convertitori statici dislocati all'interno del campo fotovoltaico, e da essi i circuiti a corrente alternata saranno collegati ai punti di trasformazione, di qui al punto di connessione alla rete elettrica nazionale.

6. DATI DI PROGETTO

6.1 Dati di progetto di carattere generale

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
6.1.1	Committente	SOR SOLAR S.a.s. di Sarsol S.r.l. & C. VIA DELLE CORSE 91 39012 Merano (BZ)	
6.1.2	Ubicazione intervento	Sorbolo (PR)	
6.1.3	Scopo del lavoro	Impianto fotovoltaico di potenza 6MW circa	
6.1.4	Vincoli da rispettare	-	
6.1.5	Informazioni di carattere generale	Area piana incolta	

6.2 Dati di progetto relativi al sito di installazione

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
6.2.1	Destinazione d'uso	Area nuovi insediamenti produttivi Area ambiti agricoli di valore paesaggistico	Rif c.d.u.
6.2.2	Barriere Architettoniche	-	
6.2.3	Altre caratteristiche	-	

6.3 Dati di progetto relativi alle influenze esterne

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
6.3.1.	Temperatura (°C) - media annua - gradi giorno annui	14,42°C 1892 Gradi giorno risc. 229 Gradi giorno raff.	

6.3.2	Radiazione solare	1830 kWh/m ²	Sul piano ottimale dei moduli.
6.3.3	Formazione di condensa	Si	
6.3.4	Altitudine	32m s.l.m.	
6.3.5	Latitudine, Longitudine	44.834, 10.446	
6.3.7	Presenza di corpi estranei Presenza di polvere	no no	
6.3.8	Presenza di liquidi: - Tipologia - Possibile stillicidio - Pioggia - Spruzzi - Getti	Acqua - SI - -	
6.3.8	Zona ambientale - Neve - Vento	Zona I Mediterranea Zona 2	NTC2018
6.3.9	Condizioni ambientali particolari	-	

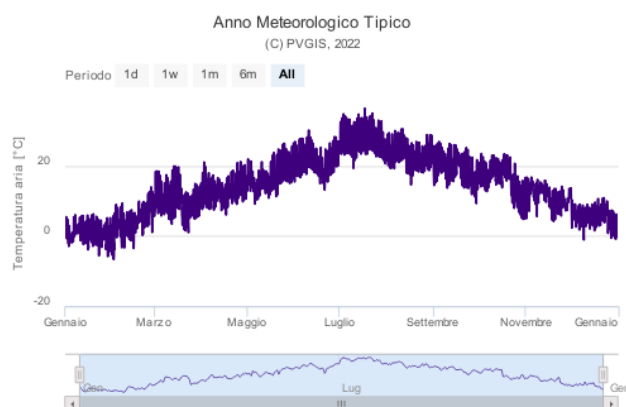
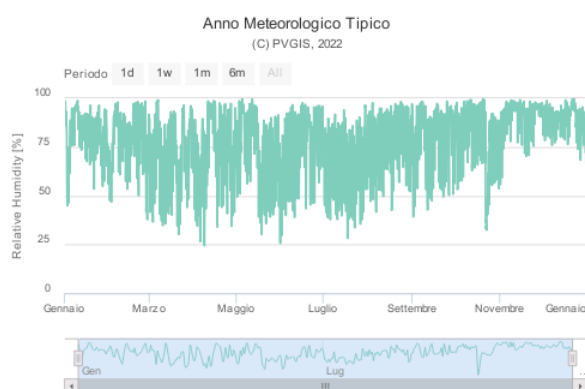


Fig. 6.3.1 Temperatura media



Umidità relativa

Tab. 6.3.1 Dati ambientali relativi al sito

month	H(h)_m	Hb(n)_m	Kd	T2m
Jan	43.44	82.96	0.4	5.1
Feb	57.97	68.39	0.53	7.8
Mar	110.66	116.96	0.46	9.6
Apr	155.45	148.58	0.41	14.3
May	183.88	172.66	0.36	17.2
Jun	202.19	176.28	0.4	21.9
Jul	219.63	215.97	0.32	25.3
Aug	195.32	210.63	0.31	24.1
Sep	147.19	177.53	0.32	21.5
Oct	75.18	83.24	0.51	13.9
Nov	45.38	59.31	0.55	9.2
Dec	40.84	69.81	0.53	4.5

H_h : Irraggiamento sul piano orizzontale (Wh/m^2)

H_b : Irraggiamento sul piano ottimamente inclinato (Wh/m^2)

K_d : Rapporto tra radiazione diffusa e globale (-)

T_{2m} : Temperatura media nelle 24ore ($^{\circ}C$)

6.4 Dati di progetto relativi alla rete elettrica

Pos.	Dati	Valori stabiliti	Note
6.4.1	Tipo di intervento: - Nuovo impianto - Ampliamento - Trasformazione	Nuovo impianto	
6.4.2	Gestore locale di rete	E-Distribuzione s.p.a.	
6.4.3	Tensione nominale (Un):	20kV	
6.4.4	Arrivo linea / cabina utente	Interrato in cavo ARG7H1R, cabina in box prefabbricato tre locali.	
6.4.5	Misura dell'energia, regime di funzionamento	L'impianto esercisce in regime di cessione totale dell'energia, la misura avviene nel punto di connessione.	

7. PRESCRIZIONI GENERALI PER L'ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI

7.1 Caduta di tensione e portata dei conduttori

I cavi di energia sono dimensionati in modo da limitare le cadute di tensione entro il 4% nel punto maggiormente sfavorevole dell'impianto, nel dimensionamento tuttavia si impone una massima caduta di tensione del 3%.

La densità di corrente nei vari conduttori non dovrà mai essere superiore a quella consentita dalle tabelle CEI UNEL 35024/1 e CEI-UNEL 35026, tenendo conto delle modalità di posa e di un coefficiente di stipamento di canali e cavidotti.

I cavi di energia dovranno essere sistemati in maniera da semplificare e minimizzare le operazioni di cablaggio. In particolare, la discesa dei cavi occorre che sia protetta meccanicamente mediante l'installazione in tubi o canali, il cui collegamento ai quadri e agli inverter avvenga garantendo il livello di protezione degli stessi.

7.2 Classificazione dei gradi di protezione

CORPI SOLIDI (1° CIFRA)	LIQUIDI (2° CIFRA)
0 – non protetto	0 – non protetto
1 – dimensioni > 50mm	1 – caduta verticale dell'acqua
2 – dimensioni > 12,5mm	2 – caduta d'acqua con inclinazione max. 15°
3 – dimensioni > 2,5mm	3 – pioggia
4 – dimensioni > 1mm	4 – spruzzi d'acqua
5 – polvere	5 – getti d'acqua
6 – totalmente protetto dalla polvere	6 – ondate
	7 – immersione temporanea
	8 – immersione permanente

7.3 Sezione dei conduttori di fase e neutro

Le sezioni minime ammesse per i cavi in rame utilizzati come conduttori di fase sono:

- circuiti di potenza: sez. 1,5mm²;
- circuiti di comando e segnalazione: sez. 0,5mm².

Per i conduttori di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase nei circuiti:

- monofase a due fili;
- polifase quando la sezione del conduttore di fase sia inferiore o uguale a 16mm² se in rame e 25mm² se in alluminio.

Per i circuiti nel quale la dimensione del conduttore di fase è maggiore di quelle sopra citate, è ammesso l'uso di un conduttore di neutro avente sezione inferiore a quella di fase se la corrente che percorre il neutro, comprese le eventuali armoniche, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro maggiore della corrente sopportabile dal cavo e se la sezione del neutro sia almeno uguale a 16mm² se in rame e 25mm² se in alluminio.

7.4 Sezione minima dei conduttori di protezione (PE)

Si dovranno rispettare le sezioni precisate dalla tabella 54F della norma CEI 64-8 art. 543.1.2

La sezione del conduttore di protezione dovrà essere scelta fra le seguenti possibilità (64-8 art. 543.1):

- non inferiore al valore determinato dalla formula seguente:

$$S_p = [\sqrt{I^2 t}] / K$$

con: S_p = sezione del conduttore di protezione in mm^2 ;
 I = corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione in A;
 t = tempo d'intervento del dispositivo di protezione in secondi;
 K = fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione;

- secondo la seguente tabella (tab. 54 F) :

Sezione conduttore di fase [mm^2]	Sezione conduttore di protezione [mm^2]
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

La sezione del conduttore di protezione non facente parte di una conduttura di alimentazione non deve essere inferiore a:

- $2,5\text{mm}^2$ se protetto meccanicamente
- $4,0\text{mm}^2$ se non protetto meccanicamente.

Quando un conduttore di protezione è comune a più circuiti deve essere proporzionato alla sezione del conduttore di fase avente sezione maggiore.

7.5 Sezionamento e comando

7.5.1 Sezionamento

Ogni circuito dovrà poter essere sezionato permettendo di separarlo da qualsiasi possibile alimentazione per motivi legati alla sua condizione, al suo esercizio ed alla sua manutenzione.

Negli impianti fotovoltaici il generatore fotovoltaico genera tensione non appena su di esso incide l'irraggiamento solare, anche durante la fase di costruzione, per tale motivo, se non vi è altro modo di intervenire, potrebbe essere necessario eseguire un lavoro elettrico sotto tensione.

Si fa quindi riferimento alla Norma CEI 11-27 che riporta le prescrizioni per il lavoro sotto tensione.

Il sezionamento negli impianti utilizzatori TT e IT il conduttore di neutro deve essere sempre sezionato.

Quando un componente elettrico, oppure un involucro, contenga parti attive collegate a più di un'alimentazione, una scritta od una segnalazione deve essere posta in posizione tale che qualsiasi persona che acceda alle parti attive sia avvertita della necessità di sezionare dette parti dalle proprie alimentazioni nel caso non sia presente un interblocco tale da assicurare che tutti i conduttori attivi siano sezionati.

7.5.2 Interruzione per manutenzione non elettrica

Quando la manutenzione non elettrica può comportare rischi per le persone, si devono provvedere dispositivi di interruzione dell'alimentazione. Devono essere presi adatti provvedimenti per evitare che le apparecchiature meccaniche alimentate elettricamente siano riattivate accidentalmente durante la manutenzione non elettrica, salvo che i dispositivi di interruzione non siano continuamente sotto il controllo dell'operatore. Dovranno quindi utilizzare dispositivi di sezionamento in grado di interrompere la corrente di pieno carico.

7.5.3 Comando funzionale

Il comando funzionale non deve essere necessariamente omopolare; nei circuiti monofasi può essere unipolare (inserito sul conduttore di fase).

Il comando funzionale può essere realizzato mediante:

- interruttori di manovra;
- interruttori automatici;
- contattori;
- relè ausiliari;
- prese a spina fino a 16A compresi.

7.6 Ulteriori prescrizioni tecniche

I dispositivi di manovra e di protezione, saranno evidenziate con scritte o altri contrassegni che ne permettano la identificazione senza che ci sia la possibilità di confusione che generi pericolo. Ad ogni terminale di connessione deve essere connesso un solo conduttore; sono ammesse le connessioni di due o più conduttori a un terminale di connessione solo quando tale terminale è previsto per quello scopo.

Per quanto riguarda la identificazione dei conduttori saranno rispettate le seguenti indicazioni:

- Bicolore giallo-verde per conduttori di terra, protezione ed equipotenzialità;
- Blu chiaro da destinare al conduttore di neutro;
- Colore rosso per i cavi di media tensione.
- Colori secondo la tabella CEI-UNEL 00722 per i colori distintivi dei cavi.

Si precisa che l'impresa esecutrice dei lavori ha l'obbligo di osservare anche le normative, Leggi e disposizioni non espressamente citate, ma che dovranno essere considerate nell'approvvigionamento dei materiali e delle apparecchiature nonché nella loro posa in opera, anche durante il corso dei lavori.

I collegamenti elettrici dovranno essere realizzati con procedure esecutive e di controllo che ne assicurano la perfetta funzionalità nel tempo quali:

- Tutti i cavi, compresi i cavi di terra ed i cavi di segnale, saranno del tipo non propagante l'incendio installati in tubi protettivi o canali; in particolare i cavi di energia sono a doppio isolamento del tipo FG7M2 resistente ai raggi UV per gli ambienti in esterno e FG7R 0,6-1kV per gli ambienti protetti;
- Tutte le estremità dei cavi dovranno essere terminate con idonei capicorda a crimpare o con connettori polarizzati ad innesto rapido con grado di protezione IP67;
- Alla fine dell'installazione dovrà essere verificato il serraggio di tutta la bulloneria e viteria facente parte integrante dei collegamenti elettrici, al fine di evitare scintille, resistenze di contatto addizionali, riscaldamenti localizzati e giunzioni galvaniche;
- Nella posa dei cavi dovrà essere posta particolare attenzione a non superare il tiro massimo ammissibile.

8. PROTEZIONI

8.1 Protezione contro i contatti diretti

I componenti in tensione e le parti attive dovranno essere segregati, mediante posa entro involucri o dietro barriere, in modo da assicurare un grado di protezione IPXXB (CEI 64-8 art. 412.2.1).

Per le superfici superiori orizzontali degli involucri e delle barriere a portata di mano si dovrà garantire un grado di protezione IPXXD (CEI 64-8 art. 412.2.2) .

Nei luoghi soggetti a normativa specifica o con ambienti ed applicazioni particolari il grado di protezione dovrà essere adeguato ai singoli casi, considerati in dettaglio nei capitoli specifici.

Le barriere e/o gli involucri di protezione dovranno essere fissati in modo saldo atto a garantire stabilità e durata nel tempo e dovranno poter essere rimossi esclusivamente:

- mediante l'uso di chiave o attrezzo, oppure
- se, dopo l'interruzione dell'alimentazione alle parti attive contro le quali le barriere o gli involucri offrono protezione, il ripristino dell'alimentazione sia possibile solo dopo la sostituzione o la richiusura degli stessi;

- se esiste una barriera intermedia, con grado di protezione minimo IPXXB, rimovibile solo con l'uso di chiave od attrezzo.

Se dietro una barriera od involucro, sono installati componenti elettrici che possano ritenere cariche elettriche pericolose dopo che la loro alimentazione sia stata interrotta (condensatori, inverter, ecc.), deve essere previsto un cartello di avvertimento.

Sono possibili altri sistemi di protezione dai contatti diretti, tipo gli ostacoli che devono impedire :

- l'avvicinamento non intenzionale del corpo a parti attive,
- il contatto non intenzionale con parti attive durante lavori sotto tensione nel funzionamento ordinario.

Gli ostacoli possono essere rimossi senza l'uso di una chiave o di un attrezzo ma devono essere fissati in modo da impedirne la rimozione accidentale.

Inoltre il distanziamento è destinato solo ad impedire il contatto non intenzionale con parti attive; parti simultaneamente accessibili a tensione diversa non devono essere a portata di mano.

8.2 Protezione contro i contatti indiretti – sistema TN (sezione a corrente alternata)

Il sistema di alimentazione è di tipo TN con cabina di trasformazione M.T./B.T. di proprietà. L'impianto fotovoltaico verrà realizzato e gestito come sistema TN-S, ovvero i conduttori di neutro e di protezione sono separati. Il sistema TN ha il neutro connesso direttamente a terra nel lato B.T. del trasformatore, e le masse dell'installazione connesse a quel punto per mezzo del conduttore di protezione. Secondo le Norme CEI 64-8 (413.1.3) nei sistemi TN, per un guasto fianco a terra in un punto qualsiasi dell'impianto, occorre rispettare la condizione :

$$U_0 / Z_g < I_{5s}$$

dove:

U_0 la tensione di fase ,

Z_g l'impedenza dell'anello di guasto ,

I_{5s} la corrente di intervento in cinque secondi del dispositivo di protezione; se si usa un interruttore con protezione differenziale, I_{5s} sarà la corrente differenziale nominale di intervento.

La protezione è attuata con il collegamento di tutte le parti metalliche, quadri elettrici, apparecchi utilizzatori, apparecchi di illuminazione. prese a spina. e ogni altra massa al conduttore di protezione (PE) e con l'impiego di idonei interruttori differenziali posti a monte delle parti da proteggere; il conduttore di protezione sarà collegato al collettore di terra del quadro elettrico generale dell'azienda.

8.3 Protezione contro i contatti indiretti – sistema IT (sezione a corrente continua)

In un sistema a neutro isolato da terra, le masse devono essere messe a terra individualmente, per gruppi o collettivamente. Deve essere soddisfatta la condizione:

$$R_E \times I_d \leq 50V$$

dove:

R_E è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse;

I_d è la corrente di guasto nel caso di primo guasto di impedenza trascurabile tra il conduttore di fase ed una massa. Il valore di I_d tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto elettrico.

Un dispositivo di controllo dell'isolamento deve essere previsto per indicare il manifestarsi di un primo guasto tra una parte attiva e masse o terra.

Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni di interruzione dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto devono essere le seguenti:

- Quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione allo stesso impianto di messa a terra, si applicano condizioni simili a quelle relative al sistema TN e devono essere soddisfatte le condizioni previste dalla CEI 64-8 423.1.5.4.
- Quando le masse sono messe a terra per gruppi od individualmente, le condizioni per la protezione sono le medesime dei sistemi TT.

Comunque nel nostro caso l'utilizzo di inverter con controllo integrato dell'isolamento verso terra della parte in continua, permette di esulare dall'applicazione di queste prescrizioni in quanto l'inverter provvede a auto-disattivarsi escludendo a priori un secondo guasto a terra.

Infatti come previsto dalla norma CEI 64-8 413.1.5.6 nei sistemi IT possono essere utilizzati i seguenti dispositivi di controllo:

- dispositivi di controllo dell'isolamento;
- dispositivi di protezione contro le sovracorrenti;
- dispositivi di protezione a corrente differenziale (ma in questo caso non può essere escluso il suo intervento dovuto a correnti di dispersione capacitive, peraltro non presenti in corrente continua).

8.4 Protezione delle persone da parti in tensione poste all'interno degli involucri

I simboli utilizzati sono i seguenti: XXA XXB XXC XXD dove la lettera addizionale significa:

"A" -protezione contro l'accesso con il dorso della mano;

"B" -protezione contro l'accesso con il dito (il dito di prova non tocca parti in tensione);

"C" -protezione contro l'accesso con un attrezzo;

"D" -protezione contro l'accesso con un filo (il filo di prova da 1mm non tocca parti in tensione).

8.5 Componenti elettrici in classe II o con isolamento equivalente

Come riportato dalla CEI 64-8 413.2 la protezione da contatti indiretti può essere realizzata anche con l'utilizzo di componenti in classe II al fine di impedire il manifestarsi di tensioni pericolose sulle parti accessibili di componenti elettrici a seguito di un guasto nell'isolamento principale.

Sono da considerare in accordo con questa misura di protezione, per i sistemi con tensioni nominali non superiori a 690V, le condutture elettriche costituite da:

- cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;
- cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante e rispondente alle rispettive norme;
- cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno.

La presenza del trasformatore con isolamento galvanico tra sezione c.c. e sezione c.a. negli inverter permette di classificare come IT il sistema in corrente continua costituito dalle serie di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter.

La protezione contro i contatti indiretti è in questo caso assicurata dalle seguenti caratteristiche dei componenti e del circuito:

- Utilizzo di moduli fotovoltaici con isolamento di Classe II verso l'esterno, di cavi con guaina e di cassette con involucro plastico;
- Utilizzo di connettori con isolamento di Classe II verso l'esterno.
- Utilizzo di involucri per i quadri elettrici di Classe II verso l'esterno.

8.6 Protezione delle condutture contro le sovracorrenti

8.6.1 Protezione contro i sovraccarichi

Tutte le condutture saranno protette dai sovraccarichi, con la sola esclusione dei circuiti la cui interruzione potrebbe dar luogo a pericolo per le persone. Le protezioni dai sovraccarichi saranno realizzate con interruttori automatici, rispondenti alle norme CEI 175 e CEI 23-3. Per proteggere le linee di bassa e media tensione contro i sovraccarichi saranno soddisfatte le seguenti condizioni (la seconda solo per la bassa tensione) :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_r \leq 1,45 I_z$$

dove:

I_n è la corrente nominale (termica) del dispositivo di protezione

I_f è la corrente convenzionale di intervento

I_{nf} è la corrente convenzionale di non intervento

I_b è la corrente di impiego

I_z è la portata del conduttore

I_r è la corrente di regolazione dell'eventuale interruttore regolabile

Per quanto riguarda il soddisfacimento della seconda condizione, si terrà presente che per gli interruttori automatici questa è sempre soddisfatta se è soddisfatta la prima relazione. Infatti:

Interruttori automatici		I_{nf}	I_f	Tempo convenzionale
Regolabili (CEI 17-5)	Non regolabili (CEI 23-3)			
--	I_n	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	1 h
$I_r \leq 63A$	--	$1,05 I_n$	$1,25 I_n$	1 h
$I_r > 63A$		$1,05 I_n$	$1,25 I_n$	2 h

I relè termici per contattori hanno in genere: $I_{nf} = I_n$ e $I_f = 1,2 I_n$

Quando la protezione dalle sovracorrenti sarà effettuata con fusibili si terranno presenti le seguenti relazioni (con I_{nf} corrente di non fusione e I_f corrente di fusione)

I_n	I_{nf}	I_f	Tempo convenzionale
$4A < I_n \leq 10A$	--	$1,9 I_n$	1 h
$10A < I_n \leq 25A$	--	$1,75 I_n$	1 h
$25A < I_n \leq 63A$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	1 h
$63A < I_n \leq 160A$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	2 h
$160A < I_n \leq 400A$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	3 h
$400A < I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	4 h

8.6.2 Protezione contro i corto circuiti

Per la protezione da corto circuito (CEI 64-8 art. 434.3), affinché la temperatura dei conduttori non superi il valore massimo ammissibile, si dovrà tenere conto della relazione:

$$(I^2 \times t) < K^2 \times S^2$$

dove:

I = corrente di corto circuito in Ampère;

t = durata del corto circuito in secondi;

K = fattore relativo alla natura dell'isolante

115 per cavo in rame con guaina esterna in PVC

135 per cavi in rame isolati con gomma ordinaria o gomma butilica

143 per cavi in rame isolati con gomma etilenpropilenica o propilene reticolato

S = sezione del conduttore in mm².

La suddetta relazione dovrà essere verificata anche per gli elettrodotti in inedia tensione. Inoltre la corrente di cortocircuito minima nel punto elettricamente più lontano dalla rispettiva protezione dovrà essere in grado di far intervenire la protezione stessa. A questo fine andrà opportunamente calcolata l'impedenza del circuito realizzato ed inoltre sarà valutata l'impedenza del circuito a monte con eventuali trasformatori e/o linee intermedie fino al punto di consegna con apposita strumentazione di misura.

Particolare prescrizione per i circuiti di stringa a corrente continua alimentati da generatori fotovoltaici, per i quali sarà possibile omettere la protezione contro le sovracorrenti in quanto la tipologia specifica di generatore presenta una corrente di corto circuito di entità pressoché uguale alla corrente nominale di funzionamento, qualora sia soddisfatta la condizione:

$$I_z > 1,25 I_{sc}$$

dove:

I_z è la portata del conduttore

I_{sc} è la corrente di corto circuito del generatore alle condizioni standard (STC)

9 DESCRIZIONE E DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA

9.1 Sito di installazione

Il sito di installazione è un ampio terreno piano, si presenta privo di ingombri in superficie e privo di sottoservizi interrati, l'accesso all'area avviene dalla Strada Provinciale n. 37 ed è già naturalmente perimetrato.

9.2 Opere da realizzare

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico si configura come nuovo impianto elettrico (L. 10/91) in quanto sul sito non è presente alcuna connessione alla rete elettrica.

Per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico è prevista l'esecuzione di alcune opere civili, strettamente correlate al funzionamento dello stesso, oltre ad alcune opere accessorie.

Principalmente sarà realizzata una rete di tubazioni in HDPE interrata la cui entità è rappresentata nelle tavole di progetto e che segue il criterio di minima estensione possibile, per la distribuzione dei cavi e dei conduttori elettrici; Saranno realizzati dei basamenti e saranno posizionati dei manufatti prefabbricati (BOX) per realizzare i locali di consegna e cabine di trasformazione elettriche.

Le opere accessorie serviranno per realizzare una recinzione perimetrale in rete dotata di cancelli di accesso, e piantumazione di siepi.

Le opere elettriche consisteranno nella realizzazione del generatore fotovoltaico tramite l'installazione e la connessione dei moduli in serie-parallelo, l'installazione e connessione delle apparecchiature di conversione, l'installazione dei quadri elettrici di protezione e misura, il collegamento alla rete elettrica, l'installazione di un impianto elettronico di gestione, controllo e visualizzazione dei risultati ottenuti.

9.3 Componenti dell'impianto fotovoltaico

I componenti dell'impianto fotovoltaico collegato in parallelo alla rete a bassa tensione sono:

- Generatore fotovoltaico;
- Strutture di supporto dei moduli fotovoltaici;

- Gruppo di conversione;
- Quadri di comando e protezione;
- Cabine di trasformazione BT/MT
- Dispersore di terra.

Dei componenti fondamentali dell'impianto fotovoltaico si definiscono qui le caratteristiche principali.

Elemento	Quantità indicativa
Moduli fotovoltaici al silicio cristallino di potenza 665Wp/cad	8890
Strutture metalliche supporto dei moduli orientabili elettricamente lungo l'asse orizzontale.	464
Convertitori statici (Inverter) di tipo centralizzato 1500kW/cad (750+750kW in assetto master/sleave)	8 (4 in assetto master/sleave)
Cabine di trasformazione MT/BT (4 di potenza indicativa 1600kVA) (1 di potenza indicativa 160kVA)	5

9.3.1 Generatore fotovoltaico

Il componente fondamentale del generatore fotovoltaico è il modulo fotovoltaico: i moduli scelti sono del tipo in silicio policristallino. Le tecnologie a silicio cristallino sono notoriamente le più testate e collaudate vista la tecnologia vanta oltre 50 anni di storia e sviluppo. Altra scelta importante risulta essere la tensione nominale del generatore fotovoltaico, che risulta un compromesso, per quanto possibile ottimale, tra più esigenze tecniche, pur nel pieno rispetto dei criteri di sicurezza elettrica.

Le esigenze tecniche sono rappresentate dalla ricerca del miglior accoppiamento possibile tra i livelli di tensione del generatore fotovoltaico con quelli del convertitore cc/ca, per il quale si registra:

- un aumento dell'efficienza al diminuire della tensione di ingresso per gli inverter con trasformatore;
- un aumento dell'efficienza all'aumentare della tensione in ingresso per inverter senza trasformatore.

Si osserva, innanzitutto, che quanto più alta è la tensione di lavoro, tanto minori risultano essere, a parità di potenza, le correnti in gioco nel circuito, determinando minor perdite elettriche. Qualora si superino i 600Vcc, il DPR n. 547/55, benché ormai per molti versi obsoleto, impone l'adozione di accorgimenti protettivi costituiti da barriere di protezione e criteri di segregazione particolarmente onerosi, spesso difficilmente realizzabili, nel caso di impianti fotovoltaici.

D'altro canto vi sono innovazioni tecniche che inducono verso l'adozione di più alte tensioni di lavoro; infatti oltre alla già citata riduzione delle sezioni dei cavi a pari potenza installata si hanno un minor numero di stringhe, il che comporta un risparmio sulle lunghezze dei cavi. A tal proposito si riportano le caratteristiche tecniche misurate, dove necessario, alle condizioni standard di riferimento (Standard Test Condition: AM = 1,5; E = 1000W/m²; T = 25°C) del modulo utilizzato per la redazione del presente progetto.

ELECTRICAL DATA | STC*

CS7N	640MS	645MS	650MS	655MS	660MS	665MS
Nominal Max. Power (Pmax)	640 W	645 W	650 W	655 W	660 W	665 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.5 V	37.7 V	37.9 V	38.1 V	38.3 V	38.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	17.07 A	17.11 A	17.16 A	17.20 A	17.24 A	17.28 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.6 V	44.8 V	45.0 V	45.2 V	45.4 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	18.31 A	18.35 A	18.39 A	18.43 A	18.47 A	18.51 A
Module Efficiency	20.6%	20.8%	20.9%	21.1%	21.2%	21.4%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC) or 1000V (IEC)					
Module Fire Performance	CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	30 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Tabella 9.1 Dati tecnici del modulo fotovoltaico (STC) utilizzato come riferimento per il presente progetto, in allegato

Lo schema di cablaggio dell'impianto prevede l'impiego di convertitori di tipo centralizzato taglia [1500kW] che saranno dislocati all'interno delle cabine di trasformazione; i convertitori a loro volta saranno raggruppati in sottocampi saranno collegati a trasformatori innalzatori con tensione nominale 0,4/20 kV adeguati al collegamento con la rete pubblica, tutti i dispositivi di manovra e protezione saranno supervisionati, tutta la distribuzione elettrica avverrà mediante linee in cavi interrati.

Il generatore fotovoltaico formato dalla totalità dei sub-generatori fotovoltaici ha le seguenti caratteristiche complessive:

Il dimensionamento dei cavi della sezione in corrente continua è stato eseguito in maniera che la portata nelle condizioni di installazione e funzionamento sia almeno pari al 125% della corrente di corto circuito della stringa;

Le connessioni sul lato corrente continua devono essere realizzate con connettori tipo Multicontact per la parte String Box e tipo Tyco per il collegamento dei moduli. Tutti i cavi in c.c. correranno sotto i moduli e saranno ad essi opportunamente fissati.

Il dimensionamento dei cavi di energia viene effettuato in modo da limitare la caduta di tensione entro 3%

9.3.2 Criteri e valutazioni sul posizionamento del campo fotovoltaico

I moduli saranno disposti a file parallele, perfettamente ortogonali all'asse Nord-Sud, rivolti verso Sud, la interdistanza tra le file è determinata dal fenomeno di ombreggiamento reciproco verificato tra le ore 10.00 e 14.00 del solstizio di inverno;

Il layout dell'impianto e l'appartenenza dei moduli alle varie stringhe sono rappresentati negli allegati grafici.

9.3.3 Struttura di supporto dei moduli

La struttura di supporto dei moduli sarà realizzata, come riportato nell'allegato Progetto delle strutture, con elementi di metallo componibili adeguati a sostenere due file parallele di moduli, tutte le lavorazioni della struttura saranno eseguite in fabbrica, in campo avverranno solo montaggi con minuterie meccaniche (bullonerie) ed accessori in acciaio inossidabile. La struttura sarà ancorata al terreno per mezzo di pali per fondazione metallici direttamente infissi nel terreno.

Lil piano dei moduli potrà quindi ruotare lungo l'asse orizzontale per mezzo di servomotori elettrici, tale accorgimento consente a parità di spazio occupato nel terreno di massimizzare la raccolta di radiazione solare. Il movimento lento e costante del piano del generatore, sarà comandato e controllato automaticamente.

9.3.4 Gruppo di conversione

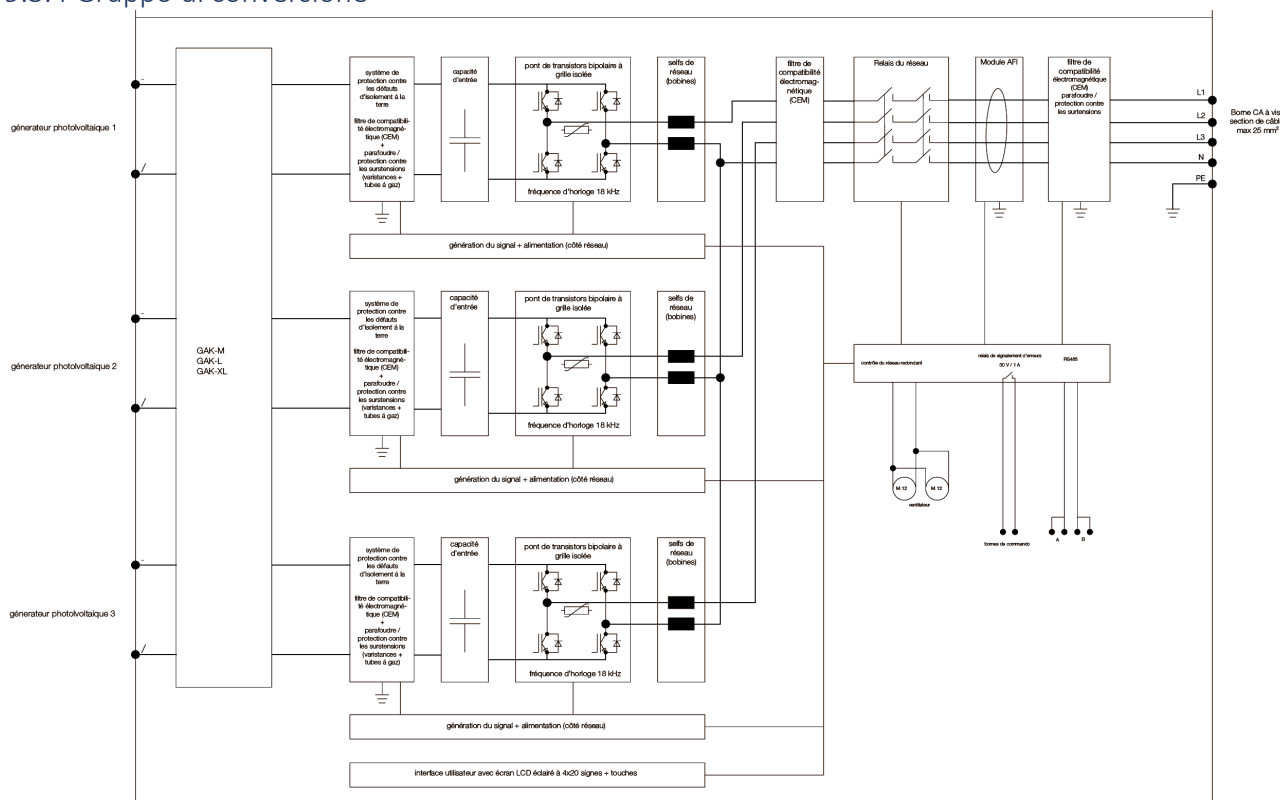


Figura 9.3.2 : Schema a blocchi del funzionamento dell'inverter.

La possibilità di utilizzare una tensione in ingresso fino a 1500 V consente di realizzare meno stringhe e più lunghe ovvero composte di più moduli in serie, questo accorgimento, particolarmente nell'impiego di inverter di piccola taglia permette di limitare l'entità della corrente circolante nei conduttori con conseguente limitazione delle perdite per effetto Joule.

Il rendimento Euro dell'inverter è del 97,0 %; il rendimento massimo 97,4 %; la tensione d'uscita dell'inverter sarà $3 \times 380V \pm 10\%$, 50Hz, il collegamento alla rete pubblica avverrà mediante trasformatori innalzatori 380V/20kV.

In base alle caratteristiche del generatore fotovoltaico l'inverter scelto è a commutazione PWM con le caratteristiche elencate nella Tabella 9.3.6. Le caratteristiche elettriche degli inverter sono tali da accordarsi perfettamente a quelle dei rispettivi generatori fotovoltaici per il range di temperature considerato.

9.3.5 Quadro di interfaccia e quadro generale

La protezione di interfaccia, unica per ogni impianto ed abbinata ad un singolo dispositivo di interfaccia saranno installati nel punto di consegna, dove è installato anche il Sistema di Protezione Generale.

Dal punto di consegna sarà realizzata una distribuzione a Media Tensione in cavo interrato fino alle cabine di trasformazione presso le quali sono presenti i quadri generali di ogni sezione di impianto, entro tali quadri saranno attestate tutte le linee di alimentazione agli inverter con le relative protezioni, oltre alle linee di servizio ed ausiliarie.

9.3.6 Sistema di controllo e monitoraggio

Per il controllo della funzionalità dell'impianto e della sua diagnostica è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio (Datalogger/display) in grado di interfacciarsi tramite la rete Ethernet aziendale con qualsiasi computer aziendale. Il sistema sarà della stessa casa produttrice degli inverter. Sarà possibile in maniera molto semplice e veloce interrogare in ogni istante il funzionamento dell'impianto con l'indicazione di:

- diagnostica di ognuno dei dieci convertitori statici installati con pagine grafiche indicanti gli eventuali allarmi di malfunzionamento;
- indicazioni di potenza in ingresso ed in uscita, tensione, corrente erogate in corrente continua ed alternata per ciascuno dei convertitori;
- per l'inverter centralizzato, diagnostica delle stringhe;
- archivio storico delle grandezze elettriche.

Sarà presente inoltre un display sul quale sarà possibile leggere i dati riguardanti il funzionamento dell'impianto.

L'acquisizione dati avverrà tramite linea seriale RS-485 che realizza la connessione in parallelo degli inverter. La linea RS-485 è realizzata tramite cavo FTP 2x2x0,35mm² Cat. 6 schermato con doppio isolamento e tensione di isolamento 1 kV. Il Datalogger sarà posto all'interno di un quadro posto a fianco del quadro d'interfaccia e sarà collegato alla rete locale tramite cavo LAN.

La linea seriale provvederà a collegare anche il datalogger al Display e ai sensori.

9.3.8 Connessioni all'impianto di terra

Per permettere il funzionamento degli scaricatori e la sicurezza dell'esercizio dell'impianto tutti i componenti di classe I dell'impianto, ossia gli involucri metallici dei quadri, se presenti, sia ubicati all'esterno che all'interno e l'involucro metallico dell'inverter devono essere collegati al nodo equipotenziale con un conduttore PE di colore giallo-verde di sezione riportata negli elaborati grafici, come prescritto dalla norma CEI 64-8/5. I moduli fotovoltaici sono elementi di classe II, e pertanto non andranno collegati al PE. In caso si dovesse installare un sistema LPS esterno successivamente all'impianto fotovoltaico e la distanza minima tra esso e l'LPS fosse minore della distanza di sicurezza (CEI EN 62305-3), tutte le strutture metalliche dell'impianto presenti andranno connesse all'LPS secondo la normativa vigente.

10. PROTEZIONE DA SOVRATENSIONI

L'impianto si prevede non dotato di LPS, anche se molto esteso vista la ridotta elevazione da terra, non altera significativamente l'esposizione alle fulminazioni dirette. La fulminazione indiretta crea sovratensioni nei circuiti elettrici principalmente per accoppiamento induttivo. La disposizione dei cavi in corrente continua deve essere tale da ridurre al minimo l'area delle spire che vengono a formarsi così da ridurre gli accoppiamenti induttivi; a ciò si perviene anche creando per ciascuna stringa opportuni circuiti incrociati in cui la corrente circoli in senso opposto. Nell'impianto si prevede una barriera esterna prima degli inverter formata da SPD di classe II posti all'interno dei quadri di sottocampo; inoltre si prevede anche di porre degli SPD di classe I nel quadro di interfaccia a protezione dell'impianto da sovratensioni in arrivo dalla rete ENEL.

11. FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Il sistema ha un funzionamento completamente automatico e non richiede ausilio per il regolare esercizio. Durante le prime ore della giornata, quando è raggiunta una soglia minima di irraggiamento sul piano dei moduli, il sistema inizia automaticamente ad inseguire il punto di massima potenza del campo fotovoltaico, modificando la tensione e la corrente sul lato in continua per far lavorare i moduli nel punto ottimale.

11.1 STIMA DELLA PRODUCIBILITÀ

PVSYST V5.74		17/01/22	Pagina 1/3
--------------	--	----------	------------

Sistema connesso in rete: Parametri di simulazione

Progetto : Sorbolo

Luogo geografico Sorbolo **Paese** Italia

Ubicazione Latitudine 44.8°N Longitudine 10.4°E
Ora definita come Ora legale Fuso orario TU+1 Altitudine 33 m
Albedo 0.20

Dati meteo : Sorbolo, Dati orari sintetici

Variante di simulazione : SIMULAZIONE 1 5,91185MWp
Data di simulazione 17/01/22 17h14

Parametri di simulazione

Piano a inseguimento, asse orizzontale E-O Azimut normale all'asse 0°
Limitazioni di rotazione Incl. minima 10° Incl. massima 80°

Orizzonte Orizzonte libero
Ombre vicine Senza ombre

Caratteristiche campo FV

Modulo FV Si-mono Modello **CS7N665MS**
Costruttore Canadian Solar
Numero di moduli FV In serie 14 moduli In parallelo 635 stringhe
Numero totale di moduli FV N. di moduli 8890 Potenza nom. unitaria 665 Wp
Potenza globale campo Nominale (STC) **5912 kWp** In cond. di funz. 5462 kWp (50°C)
Caratteristiche di funzionamento campo FV (EU mpp 495 V I mpp 11035 A
Superficie totale Superficie modulo **27615 m²** Superficie cella 26755 m²

Inverter Modello **Sinvert PVS1500**
Costruttore Siemens
Caratteristiche Tensione di funzionamento 450-750 V Potenza nom. unitaria 1500 kW AC
Gruppo di inverter Numero di inverter 4 unità Potenza totale 6000 kW AC

Fattori di perdita campo FV

Fatt. di perdita termica U_c (cost) 29.0 W/m²K U_v (vento) 0.0 W/m²K / m/s
=> Temper. nominale di funz. coll. (G=800 W/m², T_{amb}=20°C, Vento=1m/s.) NOCT 45 °C

Perdita ohmica di cablaggio Res. globale campo 0.47 mOhm Fraz. perdite 1.0 % a STC

Perdite per sporco campo Fraz. perdite 3.0 %

Perdita di qualità moduli Fraz. perdite 0.8 %

Perdite per "mismatch" moduli Fraz. perdite 2.0 % a MPP

Effetto d'incidenza, parametrizzazione ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Parametro bo 0.05

Fattori di perdita sistema

AC wire loss inverter to transfo Inverter voltage 288 Vac tri
Conduttori 85 m 3x10000 mm Fraz. perdite 1.3 % a STC

Trasformatore esterno Perdita ferro (24H connection) 5784 W Fraz. perdite 0.1 % a STC

Perdite resistive/induttive 0.3 mOhm Fraz. perdite 2.1 % a STC

Bisogni dell'utente : Carico illimitato (rete)

Traduzione senza garanzia. Solo il testo inglese fa fede.

PVSYST V5.74

17/01/22

Pagina 2/3

Sistema connesso in rete: Risultati principali

Progetto : Sorbolo

Variante di simulazione :SIMULAZIONE 1 5,91185MWp

Parametri principali del sistema

Tipo di sistema

Connesso in rete

Orientamento: Azimut normale all'asse
 Moduli FV
 Campo FV
 Inverter
 Gruppo di inverter
 Bisogni dell'utente

Modello
 Numero di moduli
 Modello
 Numero di unità
 Carico illimitato (rete)

Azimut normale all'asse 0°
 Pnom 665 Wp
 Pnom totale 5912 kWp
 Pnom 1500 kW ac
 Pnom totale 6000 kW ac

Risultati principali di simulazione

Produzione sistema

Energia prodotta

8456 MWh/anno

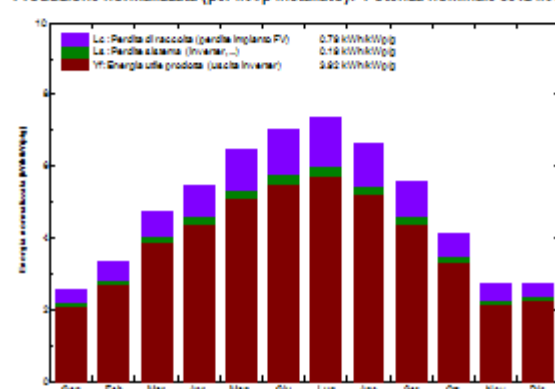
Prod. spec.

1430 kWh/kWp/anno

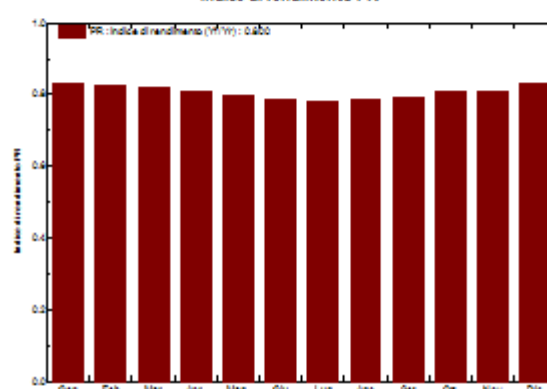
Indice di rendimento PR

80.0 %

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 5912 kWp



Indice di rendimento PR



SIMULAZIONE 1 5,91185MWp

Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Gennaio	41.7	4.00	79.7	77.9	411	391	18.65	17.75
Febbraio	59.8	5.60	92.7	90.3	473	451	18.48	17.61
Marzo	111.8	9.50	147.0	142.6	744	711	18.34	17.51
Aprile	147.2	14.00	164.1	159.2	819	782	18.07	17.27
Maggio	192.2	18.20	199.7	193.8	984	940	17.85	17.05
Giugno	206.8	22.30	210.3	204.3	1025	979	17.64	16.85
Luglio	221.9	25.00	227.6	221.2	1101	1052	17.51	16.73
Agosto	189.2	23.90	205.6	199.8	1000	955	17.60	16.82
Settembre	136.0	20.20	167.4	162.3	819	781	17.71	16.90
Ottobre	84.2	14.80	127.6	124.3	640	611	18.17	17.33
Novembre	46.2	9.60	80.9	79.0	407	387	18.19	17.31
Dicembre	38.9	4.50	84.5	82.8	438	416	18.75	17.82
Anno	1475.9	14.35	1787.2	1737.3	8880	8456	17.95	17.13

Legende: GlobHor

Irraggiamento orizzontale globale

EArray

Energia effettiva in uscita campo

T Amb

Temperatura ambiente

E_Grid

Energia iniettata nella rete

GlobInc

Globale incidente piano coll.

EffArrR

Effic. Uscita campo / sup. lorda

GlobEff

Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

EffSysR

Effic. Uscita sistema / sup. lorda

Traduzione senza garanzia. Solo il testo inglese fa fede.

PVSYST V5.74

17/01/22

Pagina 3/3

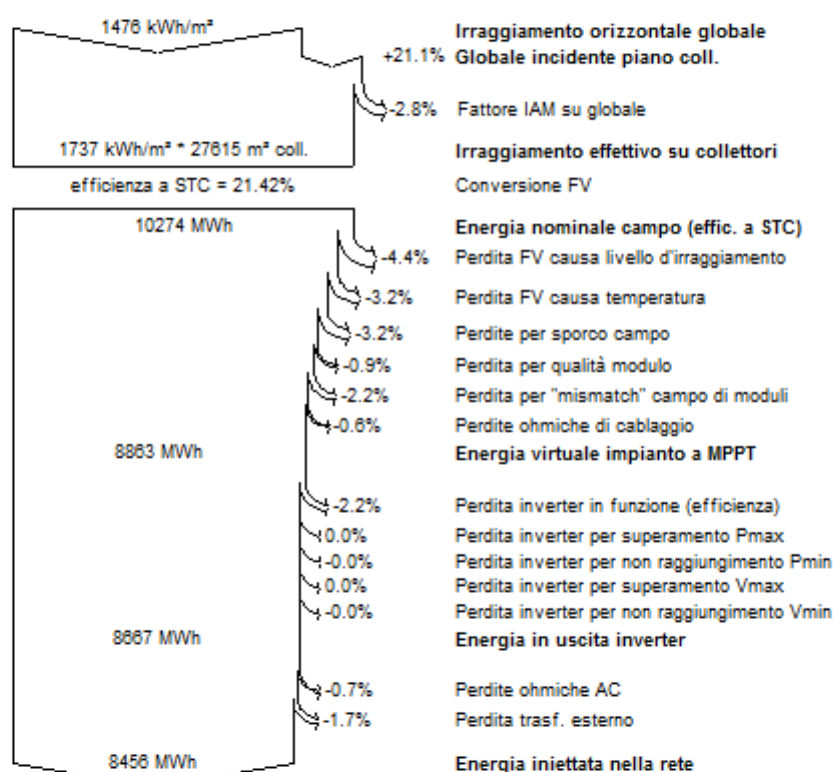
Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

Progetto : Sorbolo

Variante di simulazione : SIMULAZIONE 1 5,91185MWp

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Connesso in rete
Direzione dell'asse orizzontale	FE-O, Azimut normale all'asse	Azimut normale all'asse 0°
Moduli FV	Modello	CS7N665MS Pnom 665 Wp
Campo FV	Numero di moduli	8890 Pnom totale 5912 kWp
Inverter	Modello	Sinvert PVS1500 Pnom 1500 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	4.0 Pnom totale 6000 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)	

Diagramma perdite sull'anno intero



Traduzione senza garanzia. Solo il testo inglese fa fede.

11.2 STIMA DELLE EMISSIONI INQUINANTI EVITATE

Produzione di energia elettrica prevista		kWh/anno	TEP*/anno	
		8400000	722.3942208	
		1570.974378 (EEN 3/08)		
Classe di indicatori	Indicatori ambientali EN16, EN20, EN22	Emissioni unitarie**		Emissioni evitate
		ISPRA 2021	u.m.	[kg/anno]
Aria	SO _x	0.0485	g/kWh	407.40
	NO _x	0.21071	g/kWh	1769.96
	Particolato sospeso	0.00266	g/kWh	22.34
	CO	0.09475	g/kWh	795.90
	CO ₂	0.2565	g/kWh	2154.60
	Composti organici COVNM	0.0906	g/kWh	761.04
	Ammoniaca NH3	0.00033	g/kWh	2.77
Rifiuti speciali non pericolosi	Ceneri di carbone e lignite	229	g/kWh***	1923600.00
Rifiuti speciali pericolosi	Ceneri leggere di olio	0.083	g/kWh	697.20
Rifiuti radioattivi	a bassa attività	1.97	mg/kWh	16.55
	ad alta attività	0.023	mg/kWh	0.19

*1 TEP (tonnellata equivalente di petrolio) corrisponde a 11,628 MWh (IEA/OCSE/Enea)

1 TEP corrisponde a 6756 kWh (Arera Del EEN 3/08 per cessione alla rete)

1 TEP corrisponde a 5347 kWh (Arera Del EEN 3/08 per consumo, Circ. MISE 18/12/2014)

1 TEP corrisponde a 4545 kWh (D.M. 20/07/2004 art. 2 comma 3)

** fonte: ISPRA Fattori di emissione nel settore elettrico 343/2021,

***Rapporto ambientale ENEL 2013

12. PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER L'INSTALLAZIONE

Dovranno essere rispettate tutte le norme e leggi sulla sicurezza del lavoro e sulla sicurezza nelle costruzioni.

Tutti i materiali utilizzati dovranno essere marchiati CE se applicabile, e IMQ se disponibile sul mercato.

La struttura sarà montata come riportato dagli allegati grafici; inoltre le stringhe e il loro collegamento sarà eseguito come dagli allegati grafici.

13. INDICAZIONI PER LA MANUTENZIONE

La manutenzione dell'impianto e delle sue componenti viene descritto nel complesso dell'impianto, in quanto la manutenzione ordinaria delle componenti singole, che verrà descritta compiutamente nei documenti a corredo di ogni singolo apparecchio; verrà eseguita pianificando gli interventi su tutte le parti di impianto così da ottimizzare tali operazioni.

Descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo.

1. Set di attrezzi da elettricista, isolati 1000Vac 1500Vdc conformi alla norma IEC 60900:2004
2. Guanti isolanti CEI 11-31 IEC 60903:2002
3. Idoneo vestiario non propagante la fiamma che non lasci scoperte parti del trono e degli arti UNI EN 166 / 170
4. Schema elettrico dell'impianto ed elaborato planimetrico
5. Libretti di uso e manutenzione dei singoli componenti o scheda specifica dei lavori e controlli da eseguire
6. Amperometro per corrente continua (effetto Hall) o inserzione diretta f.s. 20A classe 0,5
7. Voltmetro per corrente continua f.s. 1200V classe 1
8. Analizzatore di rete trifase per corrente massima 250A (3x380V+N) classe 2
9. Strumento per la misurazione della radiazione solare sul piano dei moduli con una precisione maggiore del 2%
10. Irraggiamento solare maggiore di 600W/m²
11. Misuratore di isolamento

Livello minimo delle prestazioni.

Tensione concatenata lato corrente alternata: 380V ±10%

Differenza di tensione tra stringhe diverse: < 52V

Efficienza del generatore $P > 0,85 * P_{\text{nominale}} * \text{Irraggiamento} / I_{\text{stc}} (1000\text{W/m}^2)$

Efficienza dell'inverter > 94%

Isolamento dei circuiti a corrente continua >200kΩ

Tempi di intervento della protezione di interfaccia conformi alla dichiarazione CEI 0-16

Anomalie riscontrabili.

1. Stato di blocco o allarme degli inverter
2. Basso livello di isolamento dei circuiti a corrente continua
3. Dispositivo di interfaccia "APERTO"
4. Scaricatori e variatori danneggiati
5. Serraggio di viti e bulloni con coppia scarsa
6. Differenza evidente di tensione tra stringhe di moduli (alle stesse condizioni di irraggiamento)
7. Scarsa efficacia della protezione di interfaccia o del dispositivo

Manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;

Non sono possibili interventi di manutenzione da parte dell'utente

Manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

1. Verifica del serraggio e dello stato delle connessioni elettriche
2. Verifica dell'isolamento dei circuiti
3. Verifica della funzionalità dei dispositivi e delle protezioni
4. Sostituzione degli scaricatori di sovratensione "esausti"
5. Verifica dello stato superficiale dei moduli
6. Verifica della stabilità e solidità della struttura portante
7. Verifica della funzionalità dei sistemi di comunicazione e acquisizione dati

Il Programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporali semestrali, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

a) sottoprogramma delle prestazioni;

Sono prevedibili dei decadimenti prestazionali durante il ciclo di vita degli apparecchi, e del generatore, la curva di decadimento deve sottostare alla garanzia minima del costruttore del generatore che prevede un massimo decadimento del 10% in 10 anni e del 20% in 25 anni

Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

14. CRITERI UTILIZZATI PER L'ELABORAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO

Per la redazione del progetto esecutivo si è tenuto presente quanto segue:

- il dimensionamento esecutivo del sistema rispetterà le condizioni di seguito riportate:
- prestazione sezione in corrente continua $P_{cc} > 0,85 \times P_{nom} I/I_{stc}$, con $I > 600 \text{ W/m}^2$;
- prestazione sezione conversione statica $P_{ca} > 0,9 P_{cc}$, con $P_{ca} > 0,9$ della potenza di targa del gruppo di conversione;

dove:

P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%;

P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I è l'irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli con precisione migliore del 2%;

I_{stc} è il valore di riferimento pari a $1000W/m^2$;

P_{ca} è la potenza attiva misurata all'uscita del convertitore con precisione migliore del 2%;

Il tecnico

Lissa per. ind. Roberto

