



COMUNE DI GALLICANO NEL LAZIO

CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA
"SUOR GIOVANNA ROMANO" NEL COMUNE DI GALLICANO NEL LAZIO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (R.T.P.)

Capogruppo: Dott.Ing. Alessandro VERRECCHIA
Membro: Dott.Ing. Francesco VIOLO
Membro: Geom. Emiliano CAMPOLI

Scala:

Allegati n. 89

Progr. n. RS-09

Tav. n.

Data: 11/2017

Agg.:

Agg.:

IL TECNICO INCARICATO

Dott.Ing. Alessandro VERRECCHIA



IL TECNICO INCARICATO

Dott.Ing. Francesco VIOLO



IL TECNICO INCARICATO

Geom. Emiliano CAMPOLI





**MIGLIORAMENTO SISMICO E RISTRUTTURAZIONE
DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA SUOR GIOVANNA ROMANO
"CORPO A"
NEL COMUNE DI GALLICIANO NEL LAZIO**

RELAZIONE DESCRITTIVA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

1. Oggetto e valenza dell'iniziativa

L'impianto oggetto del presente documento si propone per conseguire un sostanziale risparmio energetico per la struttura che la ospita, per raggiungere tale obiettivo si ricorrerà all'impiego di fonte di energia alternativa, rappresentata dal solare fotovoltaico.

Il crescente interesse nei confronti delle problematiche ambientali ed il conseguente interessamento dell'opinione pubblica ha indotto ad una maggiore attenzione, da parte degli organi di governo, alla questione ambientale, traducendosi nell'avvio di programmi di incentivazione per coloro che decidono di fare uso di "energia pulita".

La tecnologia fotovoltaica consente in generale:

- La produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- Il risparmio di combustibile fossile;
- Nessun inquinamento acustico;
- Soluzioni di progettazione del sistema compatibili con le esigenze di tutela ambientale o architettonica;
- La possibile integrazione parziale o totale con le strutture architettoniche.

2. Dati di progetto

Il presente capitolo contiene i dati necessari all'identificazione sia dell'immobile sia del contesto nel quale risulta essere inserito, al fine di individuarne la natura dei vincoli per i quali potrebbe essere soggetto, permettendo così di sviluppare una corretta progettazione dell'impianto fotovoltaico oggetto di questo lavoro in relazione alle prestazioni richieste.

2.1 Dati di progetto di carattere generale

Dati	Descrizione	Note
Committente	Comune di Galliciano (RM)	
Indirizzo	Via D.Bertinni n.2	
Luogo di esecuzione impianto fotovoltaico	Comune di Celano . Codice ISTAT – 046015 - Scuola "Suor Giovanna Romano"	
Scopo del lavoro	Realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione	
Destinazione d'uso	struttura ospitante Scuola	
Tipologia impianto	Su tetto piano, installati su cavalletti ancorati mediante zavorre	
Informazioni generali	– Sito raggiungibile con strada asfaltata – Presenza rete telefonica (eventuale monitoraggio da remoto tramite collegamento via modem)	

Vincoli progettuali da rispettare	– Zona non soggetta a vincoli ambientali per predisposizione impianto – Interfacciamento alla rete consentito nel rispetto delle norme CE – Impatto visivo contenuto – Inserimento dei moduli in strutture di sostegno a bassa visibilità	
-----------------------------------	--	--

In definitiva quindi, l'impianto fotovoltaico sarà installato sulla copertura di tipo piano della struttura.

La falda scelta per il posizionamento dei generatori solari è quella esposta a sud.

I pannelli verranno orientati verso sud (a 180°) con un'inclinazione sull'orizzonte di 10°. Tale soluzione pur non essendo ottimale per la producibilità dell'impianto è stata obbligata dalla mancanza dei parapetti sul tetto, l'esecuzione quindi sarà ad impatto architettonico minimo in quanto i pannelli non saranno visibili dal suolo.

Pur non essendo l'area in oggetto sottoposta a tutela paesaggistica, l'impianto a tetto pone evidentemente minori problematiche che sono state opportunamente tenute in conto al fine di limitare quanto più possibile l'impatto visivo ed estetico, così come raccomandato nelle indicazioni contenute nella Circolare N. 36228/B del 19 Dicembre 2007 emanata dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio del Lazio.

Questo tipo di esecuzione, dal canto suo, è caratterizzata dal peso leggero della struttura di fissaggio (alluminio) che riduce i carichi sul tetto, una rapida installazione essendo il sistema costituito da un unico binario a scatto.

Ulteriore vantaggio del sistema scelto è la garanzia dell'integrità del tetto in quanto non è richiesta nessuna perforazione per il fissaggio delle strutture essendo le stesse auto-zavorranti.

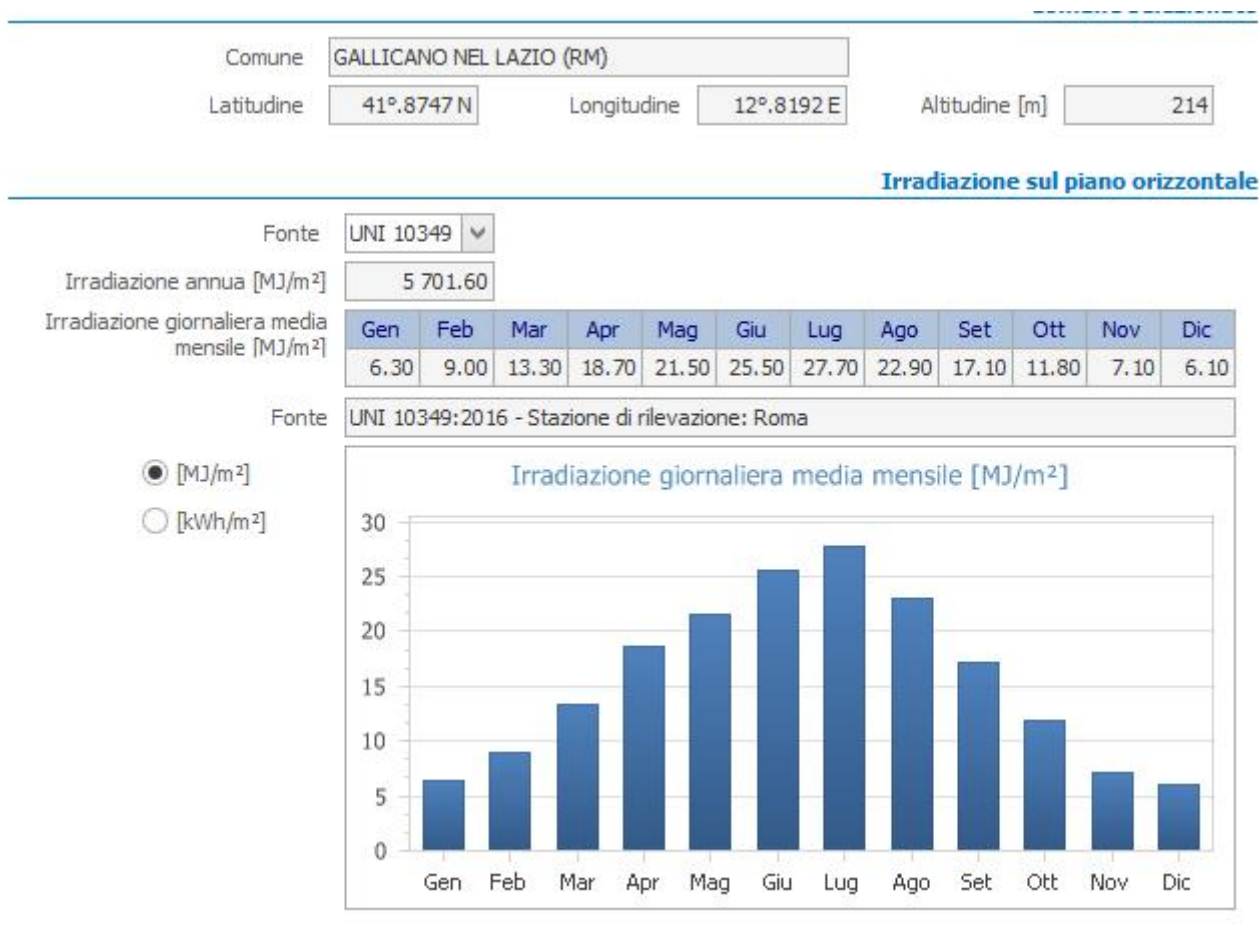
L'impianto fotovoltaico in progetto avrà una taglia di 15 kWp di potenza e sarà del tipo grid-connected, con uscita trifase collegato alla rete elettrica di bassa tensione.

2.2 Dati di progetto relativi all'impianto fotovoltaico

Dati	Valori stabiliti	Note
Tipo di intervento	Nuovo impianto	
– Descrizione della rete elettrica di distribuzione – Punto di consegna – Tensione nominale – Potenza nominale impianto – Stato del neutro lato c.a. – Stato del neutro lato c.c. – Contributo dell'impianto alla corrente di cto-cto – Potenza in immissione	– Bassa Tensione – Sul contatore ENEL – 450 V monofase – 15,00 kWp – Sistema di alimentazione TT – Sistema di alimentazione IT – 24 A – 15,00 kW	

Caratteristiche area di installazione	– La copertura individuata è del tipo "tetto piano" – Supporti metallici dei pannelli del tipo a cavalletto ancorati sulla copertura mediante zavorre	
Posizione quadro c.a. di interfaccia	Integrato nell'inverter	
Posizione inverter e cassette di stringa	Montaggio su parete interna e/o su struttura moduli	

Per quanto riguarda l'irradianza della zona si hanno i seguenti valori:



Dove:

Hh= Irradianza sul piano orizzontale

Hs=Irradianza sud

Hso/se=Irradianza sud ovest/sud est

He/o=Irradianza est/ovest

Hno/ne=Irradianza nord ovest/nord est

Hn=Irradianza nord

3. Normative e leggi di riferimento

Gli impianti fotovoltaici devono essere realizzati con componenti che assicurino l'osservanza delle

prestazioni descritte nella Guida CEI 82-25.

L'osservazione di tali prestazioni assicura che, in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Gli impianti elettrici e fotovoltaici e la relativa progettazione, devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle norme tecniche di seguito richiamate, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Progettazione fotovoltaica

CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione;

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

UNI/TR 11328-1:2009 "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia

- Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".

Impianti elettrici e fotovoltaici

CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

EN 62446 (CEI 82-38): Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: definizioni;

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: limiti

- Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);

CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);

CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);

CEI EN 50470-1 (CEI 13-52): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C);

CEI EN 50470-3 (CEI 13-54): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);

CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;

CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;

CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-91: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici;

Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica

CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;

CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;

CEI EN 50438 (CEI 311-1): Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrati delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

4. Descrizione dello schema elettrico generale

Il generatore fotovoltaico è posto sulla copertura di tipo a tetto piano ed è esposto perfettamente a sud (azimut da nord 180° in senso orario), è composto da moduli fotovoltaici in silicio policristallino da 200-250 Wp, dotati di cornice in alluminio. I moduli sono collegati in serie tra loro a formare dei gruppi chiamati stringhe, in questo caso si hanno 4 stringhe. La potenza complessiva di picco lato corrente continua risulta essere di 15,00 Wp.

A valle le stringhe verranno connesse in un quadro apposito (quadro di campo), dove sarà possibile effettuare il sezionamento e dove risiederanno le relative protezioni contro le correnti di ritorno e gli effetti delle sovratensioni.

A valle del quadro di campo si trova l'inverter, il quale è in grado di seguire il punto di massima potenza del campo fotovoltaico sulla curva caratteristica I-V (funzione MPPT) e costruisce l'onda sinusoidale di uscita con la tecnica di modulazione PWM (Pulse Width Modulation), in modo da contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori stabiliti dalle norme. L'inverter sarà predisposto per un sistema di monitoraggio locale e di interfacce per essere collegati all'eventuale sistema di monitoraggio remoto.

L'uscita in corrente alternata dell'inverter è collegata ad un quadro di protezione e sezionamento (quadro c.a.) e quest'ultimo al gruppo di misura che contabilizzerà l'energia elettrica prodotta.

Il gruppo di misura dell'energia prodotta si conatterà ad un dispositivo di protezione termomagnetico differenziale denominato Dispositivo Generale di Linea, tramite il quale ci si allaccerà al sistema trifase della rete dell'ente distributore dell'energia elettrica (ENEL Distribuzione) nel punto di connessione, ove è presente il gruppo di misura dell'energia elettrica in cui avverrà la modalità dello scambio dell'energia sul posto.

5. Calcoli e verifica di progetto

Nei successivi paragrafi che si succederanno in questo capitolo si procederà al calcolo e alle verifiche atte al corretto funzionamento dei componenti che, combinandosi insieme, daranno luogo all'impianto fotovoltaico oggetto del presente lavoro.

5.1 Variazioni della tensione con la temperatura per la sezione c.c.

Ai fini di un corretto interfacciamento dell'inverter e per ottimizzare il rendimento del sistema moduli/inverter, si rende necessario che, in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici, risultino verificate le seguenti relazioni:

- $V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT } \min}$
- $V_{m \max} \leq V_{inv \text{ MPPT } \max}$
- $V_{oc \max} < V_{inv \max}$

nelle quali $V_{inv \text{ MPPT } \min} = 320 \text{ V}$, $V_{inv \text{ MPPT } \max} = 800 \text{ V}$ e $V_{inv \max} = 1000 \text{ V}$ rappresentano rispettivamente il valore minimo e massimo del range di tensione utile all'inseguimento del punto di MPPT e il valore di tensione c.c. massima ammissibile dall'inverter, mentre $V_{m \min}$, $V_{m \max}$ e $V_{oc \max}$ rappresentano rispettivamente la tensione nominale minima e massima e il valore di tensione a circuito aperto dei moduli fotovoltaici in dipendenza della loro temperatura.

Considerati come valori limite di temperatura $T = -10^{\circ}\text{C}$ e $T = +70^{\circ}\text{C}$ ed un coefficiente di temperatura della tensione dei pannelli pari a $V\%/^{\circ}\text{C} = -0,34 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ avremo valori differenti rispetto a quelli misurati a STC ($T_{STC} = 25^{\circ}\text{C}$).

In particolare, dall'osservazione delle caratteristiche V-I dei moduli, si deduce che all'aumentare della temperatura rispetto alle condizioni STC la tensione di stringa diminuisce e la corrente aumenta, mentre l'opposto avviene al diminuire della temperatura.

Tali valori di tensione vengono così calcolati:

Verifica del corretto accoppiamento tra inverter e moduli.

La massima tensione di stringa non deve superare la massima tensione accettata dall'inverter in entrata sul lato dc:

$$562,5\text{V} < 800\text{V}$$

La tensione MPP minima della stringa non deve essere inferiore alla tensione minima d'avviamento dell'inverter (MPPT):

$$365,5 \text{ V} > 150 \text{ V}$$

La tensione MPP massima della stringa deve essere inferiore alla massima tensione ammessa dall'inverter in ingresso sul lato dc:

$$450 \text{ V} < 800 \text{ V}$$

La corrente massima della stringa non deve superare la massima corrente ammessa dall'inverter in ingresso per ogni singola stringa sul lato dc:

$$17 \text{ A} < 22 \text{ A}$$

Caratteristiche dei moduli.

Sono stati scelti 60 moduli in silicio policristallino di potenza unitaria di 200- 250 W o similari, da dividere in quattro stringhe, le cui principali caratteristiche generali sono:

Potenza nominale massima $P_{MAX} : 250 \text{ W} \pm 5\%$, tipo S610SPP-250 della Solsonica o similare.

- Efficienza: 14,16%
- Tensione a vuoto V_{oc} : 37,5 V
- Tensione MMP V_{mp} : 30 V
- Corrente MMP I_{mp} : 8,5 A
- Corrente di corto circuito I_{sc} : 8,9 A

- Cavi di connessione: $\geq 4 \text{ mm}^2$
- Dimensioni orientative: (167 x 100 x 35) cm
- Isolamento: classe II
- Grado di protezione IP: IP65

Configurazione del campo fotovoltaico.

Si prevede di disporre i 60 pannelli in su quattro stringhe da 15 moduli disposti su sei file da 10 moduli per una superficie occupata di 120 mq circa.

I pannelli verranno montati tramite una struttura in profilato d'alluminio di tipo auto-zavorrante come precedentemente descritto, la sagomatura delle staffe permetterà una buona ventilazione dei generatori.

Considerato la località ed il tipo di posa, si ipotizzano temperature minima e massima dei moduli di -10 e $+70$ °C.

Caratteristiche della stringa.

- Potenza massima: 3750 W
- Tensione MMP: 450 V
- Corrente MPP: 8.5 A
- Tensione a vuoto massima: 562.5 V
- Corrente di cortocircuito massima: $1.25 I_{sc} = 11.3 \text{ A}$
- Tensione minima di stringa: 365,5 V

Il campo fotovoltaico composto da quattro stringhe avrà potenza complessiva di 15 Kw.

Inverter.

Tenendo conto della potenza e della topologia di impianto con un'unica esposizione si è optato per un sistema da due inverter.

L'inverter sarà dotato dell'opportuna interfaccia di rete con relativa protezione di tipo approvato dal gestore della rete, tale condizione sarà comunque provata dalla certificazione di conformità rilasciata dal costruttore dell'inverter.

In base alle caratteristiche di dimensionamento del campo fotovoltaico, si ritiene opportuno utilizzare il modello Sunny Tripower 8000 TL o equivalente, con le seguenti caratteristiche:

- Input lato DC
- Potenza impianto: 8200 W
- Corrente d'ingresso max per singola stringa: A:22 A, B:11 A / 33 A
- Range di tensione di lavoro MPPT: 320 - 800 V
- Tensione d'avviamento C_{min} : 150 – 188 V
- Tensione nominale c.c.: 600 V
- Output lato AC
- Tensione nominale c.a.: 3 / N / PE, 230V/400V; 160V – 280V
- Potenza nominale c.a.: 8000 W
- Potenza apparente c.a.: 8000 VA
- Corrente in uscita max: 16A
- Frequenza di rete: 50 Hz
- Rendimento massimo: 98,1% (rendimento europeo 97,5%)
- Fattore di potenza ($\cos\phi$): 0.8
- Grado di protezione: IP65
- Misurazione isolamento DC: integrata

- Protezione inversione polarità: integrata
- Comportamento in condizioni di sovraccarico DC: spostamento del punto di lavoro

Cavi e quadro di campo.

I moduli fotovoltaici sono corredati dai cavi per la connessione in serie di tipo solare FG21M21 da 4 mmq di sezione e 2 m di lunghezza a partire dalla scatola di connessione posta nel retro del pannello.

I cavi sono corredati con connettori ad innesto rapido con grado di protezione IP68.

Il collegamento della stringa dalla sommità della copertura all'interno della struttura ove saranno ubicati il quadro di campo e l'inverter avverrà con cavi solari FG21M21 dalla sezione di 4mmq.

I cavi delle due stringhe saranno posati nei profilati della struttura entro i primi tratti e in tubo rigido in pvc da 50 mm dalla cassetta di infilaggio posta sul tetto sino al quadro di campo all'interno della struttura.

Caratteristiche del cavo FG21M21 da 4mmq:

- Portata in aria con posa in aria libera (a 70 °C) : $I_0 = 50 \text{ A}$

Portata del cavo I_z considerando il tipo di posa con due circuiti in fascio posati in tubo è pari a:

$$I_z = k_2 0.8 I_0 = 32 \text{ A}$$

Dove:

- $K_2 = 0,8$ è un fattore di correzione per i due circuiti in fascio
- $0,8$ è un fattore di riduzione per la posa dei cavi in tubo.

Quindi: $I_z > 1,25 I_{sc} = 11.3 \text{ A}$

La portata dei cavi a regime è maggiore della corrente di cortocircuito massima della stringa.

Caduta di tensione.

Si considera la caduta di tensione rispetto alla stringa posta a maggior distanza dal quadro di campo:

- connessioni di stringa (L_1) 23 m
- collegamento sino al quadro di campo (L_2) 60 m
- P_{max} 3750 W
- Tensione di stringa 450 V
- Coefficiente di resistività del rame a 30 °C: $\rho_2 = 0.018 \Omega \text{ mmq/m}$
- Coefficiente di resistività del rame a 70 °C: $\rho_1 = 0.021 \Omega \text{ mmq/m}$

$$\Delta U\% = 100 [(\rho_1 L_1 + \rho_2 L_2) P_{max} / S U^2] = 0.725\%$$

Il quadro di campo verrà collegato all'inverter tramite cavo quadripolare tipo FG7(O)R 0,6 / 1 kV con lunghezza inferiore ai 5m e sezione da 6 mmq.

$$\Delta U\% = 100 (\rho_1 L P_{max} / S U^2) = 0.004$$

Quadro di campo

Tutti i dispositivi di manovra, sezionamento e protezione dell generatore fotovoltaico saranno contenuti in un quadro elettrico posto in corrispondenza del quadro elettrico generale dell'edificio posizionato nel piano seminterrato in prossimità della centrale termica.

Il centralino sarà in materiale termoplastico con grado di protezione pari almeno a IP44 adatto al montaggio a parete.

Nello stesso locale troverà alloggio il gruppo inverter che sarà staffato a parete in posizione non segregata in modo tale da permettere una naturale ventilazione e un ottimale raffreddamento della macchina.

Tutti i cavi elettrici di connessione delle apparecchiature al quadro e all'inverter saranno contenuti in

tubo termoplastico ,saldamente fissato e connesso tramite manicotti stringitubo.

Il quadro di campo conterra interruttori di manovra-sezionatori quadripolari con categoria di utilizzazione AC 21-A con corrente nominale $I_n = 32 \text{ A}$, portafusibili da barra DIN con fusibili rapidi curva GLC da 15 A a protezione delle stringhe sul lato DC su entrambi le polarità, diodi di blocco installati sul polo positivo a monte dei sezionatori di manovra con tensione di lavoro 800 V massima corrente ammissibile pari a 30 A montabili su profilato DIN, due scaricatori in BT adatti per la protezione in CC con $U_c = 1000 \text{ V}$ e $I_n = 20 \text{ kA}$, tutta la componentistica elencata potrà essere contenuta ed integrata nel lato DC dell'inverter qualora esso sia predisposto per accogliere il modulo integrativo dedicato.

Tutta la componentistica potrà essere installata all'interno dell'inverter tramite l'utilizzo di appositi moduli dedicati.

A valle del gruppo inverter a protezione della linea in uscita verrà installato un interruttore automatico magnetotermico differenziale di tipo A con curva caratteristica d'intervento C, quadripolare $I_n = 32 \text{ A}$ $I_{cn} = 6 \text{ kA}$ $I_{dn} = 0,03 \text{ A}$.

Il generatore di corrente sarà altresì dotato di dispositivo di sgancio dei pannelli solari, in modo tale da sezionare l'impianto il più vicino possibile ai generatori.

Tale soluzione fa sì che in caso d'incendio la linea in cc (sempre in tensione durante le ore diurne) sia limitata a brevi tratti al di fuori dell'edificio.

Il comando a pulsante con sistema di comando delle bobine a interruzione di tensione (di minima tensione) sarà ripetuto all'esterno dell'edificio in posizione segnalata, chiaramente visibile e facilmente raggiungibile.

IL sezionamento della parte DC avverrà tramite contattori di tipo quadripolari con bobina di comando a 230 V AC, $I_n = 40 \text{ A}$, con contatto ausiliario per il circuito di allarme ottico (lampada spia di colore rosso) di avvenuto distacco da posizionarsi in prossimità del quadro di campo. I contattori di sgancio saranno comandati da pulsante di colore rosso a ritenuta di posizione protetto da azionamenti accidentali con grado di protezione IP65 con contatto in apertura (NC).

Protezione contro il corto circuito

La protezione contro il corto circuito, nel lato in corrente continua, è assicurata dalle caratteristiche corrente/tensione degli stessi moduli che fissano i valori di corrente di corto circuito su valori noti e di poco superiori a quelli della loro corrente nominale. Nel calcolo della portata dei conduttori in regime permanente si è già tenuto conto di questi valori e, pertanto, risulta assicurata la protezione contro il corto circuito.

Nella sezione in corrente alternata, la protezione risulta assicurata dal dispositivo limitatore dell'inverter stesso, inoltre un'ulteriore protezione è assicurata dagli interruttori magnetotermici a valle del convertitore statico.

Misure di protezione contro i contatti indiretti

Sistema in corrente alternata (TT)

L'inverter è collegato all'impianto elettrico dell'edificio e, pertanto, fa parte del sistema elettrico TT di quest'ultimo.

La protezione contro i contatti indiretti è, in questo caso, assicurato dai seguenti punti:

- Collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di classe II;
- Verifica, in corso d'opera o in caso di collaudo, che i dispositivi di protezione del quadro BT (interruttore differenziale con $I_{dn}=300 \text{ mA}$) intervengano in caso di guasto verso terra, o che la tensione sulle masse nel periodo entro cui si verifica il guasto e la sua estinzione non superi i 50 V.

Per la messa a terra della massa dell'inverter si utilizzerà un conduttore di protezione di sezione pari a quella del cavo in uscita dell'inverter stesso. Tale conduttore di protezione verrà messo a terra connettendolo all'impianto di terra esistente del fabbricato.

Sistema in corrente continua (IT)

Il sistema elettrico lato corrente continua, essendo separato galvanicamente da quello in corrente alternata dell'inverter adoperato, è classificabile come un sistema di tipo IT non essendoci nessun punto del generatore messo a terra e le masse messe a terra tramite le strutture di sostegno metalliche infisse sul fabbricato.

Il conduttore di protezione collegato alla struttura di fissaggio dei moduli ha sezione pari a quella della sezione del cavo solare utilizzato, mentre, al fine di assicurare un corretto funzionamento dei dispositivi degli scaricatori di sovratensione, a valle di essi si utilizzeranno sezioni di 6 mm².

Misure di protezione sul collegamento alla rete elettrica

Secondo quanto contenuto nella norma CEI 0-21 l'impianto fotovoltaico deve risultare equipaggiato dai seguenti apparati di protezione: dispositivo del generatore, dispositivo di interfaccia e dispositivo generale.

Dispositivo del generatore

L'inverter contiene già dei dispositivi di protezione contro il corto circuito ed il sovraccarico, inoltre, un eventuale guasto interno provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete pubblica.

L'interruttore magnetotermico posto in uscita nel quadro denominato Qc.a. Rappresenta una protezione di rincalzo.

Dispositivo di interfaccia

In caso di problemi alla rete elettrica tale dispositivo deve garantire il distacco della rete del produttore. Il controllo sui valori ammissibili viene effettuato verificando le seguenti relazioni:

- Minima tensione: 0,8 V_n;
- Massima tensione: 1,2 V_n;
- Minima frequenza: 49,7 Hz;
- Massima frequenza: 50,3 Hz.

Nel caso i cui i valori prelevati non verificano le suddette relazioni di ammissibilità, verrà provocata l'apertura del dispositivo di interfaccia e quindi il distacco del produttore dalla rete elettrica. Le protezioni interromperanno inoltre l'attività dell'inverter, evitando così il funzionamento in isola, dannoso per gli operatori alla ricerca dell'eventuale guasto.

Dispositivo generale

Il dispositivo generale salvaguarda il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica.

5 Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche

Fulminazione diretta

L'impianto fotovoltaico non influisce sulla forma o volumetria dell'edificio e di conseguenza non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

Fulminazione indiretta

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, in modo da provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti, tra cui, in particolare, gli inverter. Nonostante i morsetti dell'inverter siano protetti da variatori, si installeranno SPD a variatore nella sezione c.c. dell'impianto, in prossimità del generatore fotovoltaico.

Prestazioni e verifica tecnica – funzionale

Gli impianti fotovoltaici devono essere realizzati con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

a) $P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I/I_{sc}$, dove:

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

migliore del $\pm 2\%$;

- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m^2] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;
- I_{stc} , pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

b) $P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$, dove:

- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione (inverter), con precisione migliore del 2% .

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a $600 W/m^2$. Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia

posteriore dei medesimi, superiore a $40 ^\circ C$, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa. In questo caso la condizione a) precedente diventa:

c) $P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) * P_{nom} * I / I_{stc}$, dove:

- P_{tpv} indica le perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all' 8% .

Nota

Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv} , nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel} , possono essere determinate da:

$$P_{tpv} = (T_{cel} - 25) * \gamma / 100$$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

$$P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * I / 800] * \gamma / 100$$

dove:

γ Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a $0,4 \div 0,5 \%/^\circ C$);

NOCT Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, è tipicamente pari a $40 \div 50^\circ C$, ma può arrivare a $60^\circ C$ per moduli in retrocamera);

T_{amb} Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all'esterno e l'altra faccia sia esposta all'interno di un edificio (come accade nei lucernai a tetto), la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature;

T_{cel} è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore termoresistivo (PT100) fissato sul retro del modulo.

CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- ❑ manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- ❑ progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- ❑ dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- ❑ dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- ❑ certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- ❑ certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il

- dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- ❑ certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- ❑ garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.