

Regione Valle d'Aosta

Comune di Jovencan (AO)

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO
"GRID CONNECTED"
REGIME GSE DI SCAMBIO SUL POSTO IN CONTO ENERGIA II
(d.m. 19 febbraio 2007)**

Potenza = 29,835 kWp



Committente:
Quendoz srl
Fraz. Les Adam, 2 - 11020 Jovencan (AO)

ELABORATI

- *Relazione tecnica*
- *Dimensionamento e verifica a Norme CEI impianto*
- *Schede tecniche dei materiali utilizzati*
- *Elaborati grafici*

INDICE

1. CONSISTENZA E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO	3
1.1 PREMESSA	3
2. DATI DI PROGETTO.....	3
2.1 UBICAZIONE DELL'IMPIANTO	3
2.2 TABELLA 1 - DATI DI CARATTERE GENERALE	3
2.3 TABELLA 2 - DATI RELATIVI ALL'UTILIZZAZIONE DELL'EDIFICIO	4
2.4 TABELLA 3 - DATI RELATIVI ALLE INFLUENZE ESTERNE	4
2.5 TABELLA 4 - DATI RELATIVI ALLA RETE DI COLLEGAMENTO	4
2.6 TABELLA 5 - DATI RELATIVI ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	5
3. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	5
4. COMPONENTI DELL'IMPIANTO.....	6
4.1 DESCRIZIONE.....	6
4.2 MODULI FOTOVOLTAICI.....	7
4.3 STRUTTURE DI APPOGGIO DEI MODULI	7
4.4 QUADRO DI CAMPO	8
4.5 IL CONVERTITORE C.C./C.A. – INVERTER.....	8
4.6 QUADRO DI RETE.	10
5. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO	11
5.1 VARIAZIONE DELLA TENSIONE CON LA TEMPERATURA LATO CC.....	11
5.2 PORTATA DEI CAVI	11
5.2.1 <i>Caduta di tensione</i>	12
5.2.2 <i>Colore distintivo dei cavi</i>	12
5.2.3 <i>Sezione minima dei conduttori di terra e di protezione</i>	12
5.3 PROTEZIONI.....	13
5.3.1 <i>Protezione contro il cortocircuito</i>	13
5.3.2 <i>Protezione contro i contatti diretti</i>	13
5.3.3 <i>Protezione contro i contatti indiretti</i>	13
5.3.4 <i>Protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche</i>	13
6. VERIFICA TECNICO FUNZIONALE	14
6.1 ESAME A VISTA	14
6.2 PROVE	14

1. CONSISTENZA E TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO

1.1 Premessa

I crescenti problemi di inquinamento ambientale e quelli legati alla esauribilità dei combustibili fossili, spingono all'utilizzo di fonti rinnovabili per soddisfare i bisogni energetici. Tra le varie tecnologie, quella che sfrutta il fenomeno fotovoltaico sembra, soprattutto in Sicilia, tra le più indicate. Anche dal punto di vista normativo stanno nascendo sostegni in tal senso, non ultimo il Decreto 28 luglio 2005, integrato dal D.M. 6 febbraio 2006 e dal D.M. 19 febbraio 2007, che definisce i criteri per l'incentivazione alla produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

L'impianto, oggetto del presente documento, si propone di conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura che lo ospita, costituita dalla "Quendoz srl" sita nel comune di Jovencan, in provincia di Aosta, mediante la realizzazione di un impianto fotovoltaico installato sul tetto del capannone della stessa.

2. DATI DI PROGETTO

2.1 Ubicazione dell'impianto

L'utenza su cui installare l'impianto è un immobile localizzato in un centro abitato sito nel Comune di Jovencan (AO).

L'architettura dello stesso è composta da un corpo principale in cemento armato prefabbricato ed una copertura a falde in lamiera grecata. La copertura è costituita da due falde orientate rispettivamente a Sud e Nord, ha una superficie di 600 m². Vista la disponibilità di elevate superfici di copertura, si è valutata l'ipotesi di installare l'impianto fotovoltaico proprio sulla copertura del capannone, la quale oltre a presentare una esposizione ottimale e una adeguata inclinazione, risulta nella parte circostante totalmente libera da ostacoli (arbusti o edifici) che potrebbero produrre ombreggiamento e quindi una diminuzione di rendimento dell'impianto fotovoltaico.

2.2 Tabella 1 - Dati di carattere generale

<i>Pos.</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>
1.1	Committente	Quendoz s.r.l Fraz. Les Adam, 2 11020 Jovencan (AO)
1.2	Scopo del lavoro	Realizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete elettrica di distribuzione
1.3	Vincoli da rispettare	Edificio non soggetto a vincoli ambientali. Impatto visivo contenuto; Inserimento dei moduli in strutture di sostegno a bassa visibilità.

2.3 Tabella 2 - Dati relativi all'utilizzazione dell'edificio

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>
2.1	Proprietario immobile	Quendoz s.r.l
2.2	Sito di installazione	Fraz. Rotin 11020 Jovencan (AO)
2.3	Destinazione d'uso	Fabbricato destinato ad attività commerciale.
2.4	Ambienti soggetti a normativa specifica CEI	Nessuna parte dell'impianto è ubicata in zone soggette a normativa specifica CEI

2.4 Tabella 3 - Dati relativi alle influenze esterne

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>	<i>note</i>
3.1	Temperatura: - Min/max all'interno degli edifici; - Min/max all'aperto; - Media giorno più caldo; - Media max mensile; - Media annuale	- +5°C/+35°C - -20°C/+40°C - +35°C - +25°C - +15°C	Norma UNI 10349
3.2	Formazione di condensa	Possibile	
3.3	Altitudine (s.l.m.)	<1000 m	
3.4	Latitudine	45°73 N	
3.5	Longitudine		
3.6	Vento: - Direzione prevalente - Massima velocità di progetto	- Sud_Nord - 25 m/s	Valori stimati e ricavati dalla letteratura tecnica riferiti ai luoghi di installazione dell'impianto
3.7	Carico di neve	Il carico neve sulla copertura è di 1,60 kPa, calcolato per la zona I.	D.M. 16/1/96
3.8	Effetti sismici	L'edificio non risulta ubicato in zona sismica.	
3.9	Presenza di polvere	No	
3.10	Condizioni ambientali speciali	No	

2.5 Tabella 4 - Dati relativi alla rete di collegamento

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>
4.1	Dati del collegamento elettrico - Descrizione della rete di collegamento - Punto di consegna - Tensione nominale (Un) - Frequenza nominale - Potenza disponibile continua	- BT DEVAL 3 F+N - Locale contatori - 380 V - 50 Hz - 6 kW

	- Stato del neutro	- Sistema di alimentazione TT
4.2	Misura dell'energia	Contatore generale

2.6 Tabella 5 - Dati relativi all'impianto fotovoltaico

<i>Pos</i>	<i>Dati</i>	<i>Valori stabiliti</i>	<i>Note</i>
5.1	Tipo di intervento	Nuovo impianto	
5.2	Caratteristiche area di installazione	Copertura di tipo a falda in lamiera grecata, inclinazione pari a circa 5°.	
5.3	Posizione convertitori statici e cassetta di terra	Montaggio a parete, in interno.	
5.4	Posizione quadro c.a.	In interno, a parete locale quadri.	

3. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici”;
- CEI 0-3 “Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990”;
- 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 11-1 “Impianti elettrici: Norme generali”;
- CEI 11-20 “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria”;
- CEI 17-41 “Contattori elettromeccanici per usi domestici e similari”;
- CEI 17-13 “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)”;
- 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 23-3 “Interruttori automatici per sovracorrente per usi domestici e similari”;
- CEI 23-18 “Interruttori differenziali per uso domestico e similare e interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari”;
- CEI 81-1 “Protezione delle strutture contro i fulmini”;
- CEI 81-3 “Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato”;
- CEI 81-4 “Valutazione del rischio dovuto al fulmine”;
- CEI EN 60904-1 “Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente”;
- CEI EN 60904-2 “Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento”;
- 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 61727 “Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete”;
- CEI EN 61215 “Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo”;

- CEI EN 61646 (82-12) “Moduli fotovoltaici(FV) a film sottile per usi terrestri- Qualifica del progetto e omologazione del tipo”;
- CEI EN 61000-3-2 “Compatibilita' elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase)”;
- CEI EN 60555-1 “Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili-Parte 1: Definizioni”;
- CEI EN 60439-1-2-3 “Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione”;
- CEI EN 60445 “Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico”;
- CEI EN 60529 “Gradi di protezione degli involucri (codice IP)”;
- CEI EN 60099-1-2 “Scaricatori”;
- CEI EN 61724 “Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati”;
- UNI 10349 “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.”;
- IEC 60364-7-712 “Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems”;
- DPR 27/04/1955 n.547 “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro”;
- Legge 1/3/1968 n.186 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici”;
- Legge 5/3/1990 n.46 ”Norme per la sicurezza degli impianti”;
- DPR 447/91 ”Regolamento di attuazione della legge n.46 del 5 Marzo 1990 in materia di sicurezza degli impianti”;
- D.Lgs 19/9/1994 n.626 ”Attivazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro”.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme piu' recenti. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

4. COMPONENTI DELL'IMPIANTO

4.1 Descrizione

Il generatore fotovoltaico è composto da 351 moduli fotovoltaici, collegati in serie tra loro a gruppi di 9 moduli così da costituire 39 stringhe. Il campo risulta quindi costituito da due sottocampi, il sottocampo 1 formato da 21 stringhe da 9 moduli ciascuna e il sottocampo 2 formato da 18 stringhe collegate tra loro in parallelo. I terminali positivo e negativo di tali stringhe, sono collegati ai rispettivi quadri di campo (collegamento in parallelo), quindi agli inverter in cui avviene la conversione della corrente continua in alternata. L'uscita dei due convertitori sono collegate al quadro di rete, e da qui l'energia prodotta dall'impianto viene portata al contatore di produzione, quindi al contatore di scambio (installati a cura dell'ente distributore di energia elettrica).

I componenti fondamentali dell'impianto in oggetto sono quindi:

- moduli fotovoltaici;
- strutture di appoggio dei moduli fotovoltaici;
- quadro di campo;
- convertitore statico di corrente continua/corrente alternata;

- quadro di rete o c.a.
- impianto di terra;
- cavi di cablaggio.

Con riferimento ai dati tecnici dei componenti utilizzati, le caratteristiche principali del campo fotovoltaico sono riportate nella tabella seguente.

Sottocampo	N stringhe	N tot moduli	Potenza di picco totale [W]	Tensione nominale [V]	Tensione a circuito aperto [V]	Corrente nominale [A]	Corrente di corto circuito [A]
1	21	189	16.065	441	574,2	36,54	44,31
2	18	162	13.770	441	574,2	31,32	37,98

4.2 Moduli fotovoltaici

I moduli utilizzati sono del tipo in silicio THIN-FILM marca SHARP modello NA 85.

Ciascun modulo ha una potenza di picco di 85 Wp ed una efficienza complessiva pari a 8,4%.

È assemblato mediante una lastra di vetro temprato, resine EVA, strati impermeabili e cornice in alluminio per garantire una lunga durata in ogni situazione meteorologica.

È dotato di diodi di bypass per minimizzare le perdite di potenza dovute a eventuali fenomeni di ombreggiamento e di cavi precablati a connessione rapida impermeabile.

Caratteristiche elettriche:

- Potenza unitaria ad MMP 85 Wp;
- Tensione ad MMP 4,9 V;
- Tensione a circuito aperto 63,8 V;
- Corrente ad MMP 1,74 A;
- Corrente di cortocircuito 2,11 A.

Condizioni limite di esercizio:

- Tensione massima di lavoro 600 V;
- Temperatura - 40 ÷ + 90 °C.

Caratteristiche meccaniche:

- Dimensioni 1129 x 934 x 46mm;
- Peso 18 kg.

4.3 Strutture di appoggio dei moduli

La copertura su cui verrà installato l'impianto è come già detto di tipo a falda in lamiera grecata.

I moduli fotovoltaici, saranno fissati sul tetto per mezzo di apposite strutture in grado di consentire il montaggio e lo smontaggio per ciascun modulo, indipendentemente dalla presenza o meno di quelli contigui. La sopraelevazione dei moduli rispetto al manto di copertura del tetto consente il passaggio di aria, favorendo così la ventilazione retrostante dei moduli stessi evitando in tal modo eccessivi riscaldamenti.

Col sistema di fissaggio scelto, ognuna delle file di moduli fotovoltaici, risulterà sorretta per mezzo di morsetti da due profili trasversali in ferro zincato i quali, a loro volta, sono vincolati al telaio della copertura sottostante costituito da profilati in ferro zincato, per mezzo di appositi bulloni. Tutti i materiali impiegati saranno in alluminio e acciaio inox.



Figura 1 - profilo



Figura 2 - morsetto intermedio



Figura 3 - morsetto terminale

4.4 Quadro di campo

Sono presenti quattro quadri di campo contenente le apparecchiature di protezione e manovra del campo fotovoltaico.

Le funzioni assolte dal quadro sono:

- Protezione di stringa con diodo di blocco;
- Protezione di stringa dalle sovratensioni indotte;
- Sezionatore di stringa.

Le principali caratteristiche sono:

- Tensione nominale di funzionamento 660 V DC;
- Grado di protezione IP65;
- Temperatura ambiente max +55 °C;
- Tipo di posa a parete;
- Dimensioni 400x600x130 mm;

Caratteristiche dei componenti:

- Interruttore automatico S802PV s50 marca ABB, 5kA 2;
- Portafusibili sezionabili 2P 10,3 x 38 2302038 16 A gG marca Ital weber;
- Scaricatore tensione VAL-MS 500 ST 2807609 15kA 600Vac marca Phoenix.
- Diodi a catodo prigioniero.

Il quadro è marchiato e certificato dal costruttore secondo le Norme CEI 17-13/1 EN60439-1.

4.5 Il convertitore c.c./c.a. – Inverter

E' il dispositivo che consente di convertire l'energia in corrente continua, prodotta dal generatore, in corrente alternata utilizzabile dai carichi comuni ed immettibile in rete. I dati caratteristici dell'inverter sono la sua potenza nominale, in uscita (P_u) o in ingresso (P_i), e la sua efficienza o rendimento $\eta = P_u / P_i \approx 0,9$.

Oltre all'alto rendimento i requisiti richiesti al convertitore sono:

- Basso consumo in assenza di carico
- Bassa distorsione armonica
- Dimensioni e peso limitati
- Elevata affidabilità

I convertitori utilizzati sono marca ELETTRONICA SANTERNO tipo Trifase modello TG19 600 V per il sottocampo 1 e TG 14 600V per il sottocampo 2.

Le principali caratteristiche sono:

- Conversione DC/AC realizzata con tecnica PWM e ponte a IGBT per una elevata efficienza ed elevata affidabilità.
- Trasformatore toroidale in uscita capace di garantire un totale isolamento tra rete e generatore fotovoltaico.
- Filtri in ingresso ed in uscita per la soppressione dei disturbi indotti ed emessi sia condotti che ir-radiati.
- Circuito tester per la verifica della resistenza di isolamento tra l'ingresso e la terra.
- Contenitore metallico particolarmente robusto e adatto per montaggi in esterno grado di protezione IP65.
- Funzionamento in parallelo alla rete a cosfi unitario.
- Acquisizione fino a tre grandezze ambientali mediante ingressi analogici +/-10Vdc o 4-20mA.
- Morsetteria per collegamento fino a tre stringhe del campo fotovoltaico principale MPPT1.
- Controllo della corrente fornita in uscita tramite microprocessore a 32 bit che ne garantisce la forma sinusoidale con distorsione estremamente bassa.
- Tastiera di programmazione e controllo con display LCD retroilluminato 4x16 caratteri per la visualizzazione dei dati principali forniti dall'inverter.
- Predisposizione per Sistema Multi-Inverter: possibilità di inviare il comando di chiusura ad un teleruttore di parallelo esterno e di acquisire un segnale tensione di rete esterno.

Caratteristiche elettriche:

TG 18 600V - n.matr.: 0802904

- potenza di picco campo fv: 18,6 kWp;
- potenza massima di uscita : 15,7 kW;
- potenza nominale di uscita : 14,3 kW;
- efficienza massima 95 %;
- Range di tensione campo fotovoltaico 325÷600 Vdc;
- Tensione massima in continua applicabile all'inverter 840 Vdc;
- Tensione di rete 400Vac +/-15%;
- Frequenza di rete 50 or 60Hz +/-2%;
- Cosφ 1;
- Consumo notturno 0 Watt;
- Temperatura di funzionamento -20%...+50°C.

Caratteristiche meccaniche:

- Peso : 280 kg;
- Dimensioni : 800 x 1606 x 600.

TG 16 600V- n.matr.: 0802903

- potenza di picco campo fv: 15,7 kWp;
- potenza massima di uscita : 15,6 kW;
- potenza nominale di uscita : 13,5 kW;
- efficienza massima 95 %;
- Range di tensione campo fotovoltaico 325÷600 Vdc;
- Tensione massima in continua applicabile all'inverter 840 Vdc;
- Tensione di rete 400Vac +/-15%;
- Frequenza di rete 50 or 60Hz +/-2%;

- Cosφ 1;
- Consumo notturno 0 Watt;
- Temperatura di funzionamento -20%...+50°C.

Caratteristiche meccaniche:

- Peso : 280 kg;
- Dimensioni : 800 x 1606 x 600.

Interfaccia di rete integrata. I valori di taratura delle relative protezioni sono riportate nella seguente tabella:

Interfaccia di rete integrata. I valori di taratura delle relative protezioni sono riportate nella seguente tabella:

Protezione	Valore prescritto da DK 5940	Valore nominale di taratura	Valore soglia di scatto programmato in fabbrica
Massima tensione	1,2 tens. Nom. rete	400 V	480 Vac
Minima tensione	0,8 tens. Nom. rete	400 V	320 Vac
Massima frequenza	50,3 Hz	50 Hz	50,3 Hz
Minima frequenza	49.7 Hz	50 Hz	49.7 Hz

4.6 Quadro di rete.

Il sistema in uscita dal convertitore fa capo ad un quadro in corrente alternata contenente un interruttore magneto termico dalle seguenti caratteristiche:

- N. 2
- Interruttore automatico
- Marca ABB;
- Modello S204;
- C32, 6kA, 4P.

- N. 1
- Interruttore automatico
- Marca ABB;
- Modello S204;
- C50, 6kA, 4P.

Il quadro è marchiato e certificato dal costruttore secondo le Norme CEI 17-11.

5. CALCOLI E VERIFICHE DI PROGETTO

5.1 Variazione della tensione con la temperatura lato cc

Affinché la stringa di moduli fotovoltaici sia compatibile con le caratteristiche dell'inverter, occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino sempre verificate le seguenti disuguaglianze:

$$\begin{aligned} V_{oc(tmin)} &< V_{max} \\ V_{m(tmax)} &> V_{MPPT\ min} \\ V_{m(tmin)} &< V_{MPPT\ max} \end{aligned}$$

Dove:

$V_{oc(tmin)}$ è la tensione massima della stringa a circuito aperto alla minima temperatura esterna;

$V_{m(tmax)}$ è la tensione di uscita del campo FV alla massima temperatura esterna;

$V_{m(tmin)}$ è la tensione di uscita del campo FV alla minima temperatura esterna;

V_{max} è il massimo valore di tensione in cc ammissibile ai morsetti dell'inverter;

$V_{MPPT\ min}$ è il valore minimo della finestra di tensione utile alla ricerca della massima potenza dell'inverter;

$V_{MPPT\ max}$ è il valore massimo della finestra di tensione utile alla ricerca della massima potenza dell'inverter.

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto in dipendenza della temperatura pari a $-0,104\ V/^{\circ}C$ e i limiti di temperatura estremi pari a $-10^{\circ}C$ e $70^{\circ}C$, si ottengono i valori di V_{oc} e V_m . Dalla seguente tabella si evince come le disuguaglianze risultano rispettate.

$V_{oc(tmin)} < V_{max}$	$634,5 < 840$
$V_{m(tmax)} > V_{MPPT\ min}$	$381,46 > 325$
$V_{m(tmin)} < V_{MPPT\ max}$	$487,2 < 600$

5.2 Portata dei cavi

Il dimensionamento dei cavi viene effettuato in modo da garantire la protezione del conduttore alle correnti di sovraccarico.

Un sovra riscaldamento dovuto alla densità di corrente elevata altera infatti la bontà della trasmissione in quanto aumenta la resistenza e di conseguenza le caratteristiche di isolamento dei cavi non sono più garantite.

In base alle Norma CEI 64-8/4 il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove:

I_B è la corrente di impiego;

I_N è la corrente nominale dell'interruttore;

I_Z è la portata del cavo;

I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione.

Pertanto dalla corrente di impiego si determina la corrente nominale del dispositivo di protezione e con questa si procede alla determinazione della sezione del cavo, nel rispetto delle Norme CEI UNEL 35024 e 35026 che tengono conto delle diverse condizioni di esercizio e posa.

Per la parte in corrente continua (dal campo FV al convertitore), non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del cortocircuito, I_B risulta uguale alla corrente nominale dei moduli FV in corrispondenza della loro potenza di picco, mentre I_N e I_f sono entrambi uguali alla corrente di cortocircuito dei moduli stessi (massima corrente che il campo può erogare in qualsiasi condizione).

Per tale sezione si è scelto un cavo unipolare tipo FG/(O)R da 4mm^2 per le tratte dalle stringhe ai quadri di campo e da 6mm^2 per le tratte dai quadri di campo all'inverter.

Per la sezione in corrente alternata, la corrente di impiego è posta pari alla corrente nominale in uscita dall'inverter (potenza nominale/tensione nominale) e si è scelto un cavo UG7CR 06/1 Kv 1x6+6C per le tratte dall'inverter al quadro di rete, e un cavo quadri polare da 16mm^2 per la tratta dal quadro ca al contatore.

I conduttori di neutro devono avere una sezione non inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase per sezioni fino a 16mm^2 ; superato tale limite il neutro potrà avere una sezione pari alla metà di quella del corrispondente conduttore di fase purché siano soddisfatte le condizioni riportate dalla Norma CEI 64-8.

5.2.1 Caduta di tensione

Scelta la sezione dei conduttori per entrambe le sezioni, si procede alla verifica mediante il criterio della massima caduta di tensione, determinando per ogni tratta la

$$\Delta V = \frac{k \times \rho \times l \times I}{S}$$

Con k una costante pari a 2;

ρ la resistività del rame;

L la lunghezza del cavo nel tratto considerato in (m);

I l'intensità di corrente della linea in (A);

S la sezione del cavo in (mm^2).

Dai calcoli effettuati, si è stimata una cdt totale inferiore al 3%, quindi tale da non determinare perdita di energia attraverso i cavi e pregiudicare l'efficienza dell'impianto.

5.2.2 Colore distintivo dei cavi

I conduttori impiegati per l'esecuzione degli impianti elettrici, devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL.

5.2.3 Sezione minima dei conduttori di terra e di protezione

Le sezioni dei conduttori di terra e di protezione non devono essere inferiori a quelle indicate nella Norma CEI 64-8.

Le strutture di ancoraggio dei moduli saranno collegate al collettore di terra mediante conduttore PE con sezione pari a 6mm^2 , mentre tutti gli altri cavi saranno di sezione non inferiore alla sezione di fase corrispondente.

A valle degli scaricatori di tensione la sezione del conduttore di protezione sarà di 16 mm² al fine di assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi stessi.

5.3 Protezioni

5.3.1 Protezione contro il cortocircuito

Per il lato DC la protezione è assicurata dai fusibili che agiscono anche come sezionatori di linea, essa è inoltre assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di cortocircuito degli stessi a valori noti e di poco maggiori alla loro corrente nominale.

Per il lato CA, la protezione è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter. Un interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter funziona come sezionatore della linea e come rinforzo all'azione esercitata dal dispositivo di protezione all'interno dell'inverter.

5.3.2 Protezione contro i contatti diretti.

Il sistema elettrico di tale impianto è considerato secondo la Norma CEI 11-1 di categoria I. la protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- Utilizzo di componenti dotati di marchio CE;
- Utilizzo di componenti aventi un adeguato grado di protezione alla penetrazione;
- Collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva.

5.3.3 Protezione contro i contatti indiretti

Il sistema in corrente continua costituito dai moduli e dai loro collegamenti all'inverter, risulta di tipo flottante (isolamento da terra di tutte le parti attive) grazie alla presenza del trasformatore di isolamento interno al convertitore che realizza la separazione galvanica, è quindi classificato come sistema IT.

La protezione nei confronti dei contatti indiretti, è in tal caso assicurata dal divieto di collegare a terra tutte le apparecchiature di classe II e impiego di cavi a isolamento doppio o rinforzato.

Il sistema CA (dall'uscita dell'inverter), essendo collegato all'impianto elettrico esistente, si considera come sistema TT.

In questo caso la protezione è realizzata mediante interruzione automatica dell'alimentazione, che prevede il coordinamento tra la misura di protezione offerta dall'impianto di terra e dai dispositivi di protezione dai contatti indiretti.

5.3.4 Protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche

L'impianto fotovoltaico da installare sulla copertura dell'edificio, non altera la sagoma e quindi non né incrementa il rischio da fulminazione atmosferica.

Tuttavia la probabilità dell'insorgere di sovratensioni determinate da scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto FV e sovratensioni di manovra potrebbe danneggiare i pannelli e gli inverter, oltre a causare disservizi.

È previsto quindi l'inserimento di opportuni limitatori di sovratensione (SPD) e la realizzazione del collegamento equipotenziale della struttura di sostegno dei pannelli.

6. VERIFICA TECNICO FUNZIONALE

La verifica consiste in controllo di rispondenza dell'opera realizzata ai dati di progetto ed è costituita da un esame a vista e da prove di accettazione.

6.1 Esame a vista

Con riferimento alla Norma CEI 64-8/6, l'esame a vista ha lo scopo di controllare che i componenti costituenti l'impianto siano conformi alle prescrizioni delle relative Norme, scelti e messi in opera correttamente e non danneggiati visibilmente.

6.2 Prove

Le prove consistono nell'effettuare misure atte ad accertare la rispondenza dell'impianto alle Norme CEI e alla documentazione di progetto.

In particolare consistono nel controllo di:

- Continuità elettrica dei conduttori;
- Continuità elettrica dell'impianto di terra;
- L'isolamento dei circuiti elettrici delle masse;
- Il corretto funzionamento dell'impianto FV nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete distributore, ecc.);
- Il soddisfacimento delle due seguenti condizioni:

$$P_{CC} > 0,85 \times P_{nom} \times \frac{I_{rr}}{I_{STC}}$$

$$P_{CA} > 0,9 \times P_{CC}$$

Dove

P_{CC} è la potenza in kW misurata all'uscita del generatore FV, con precisione migliore del 2%;

P_{CA} è la potenza attiva in kW misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del 2%;

P_{nom} è la potenza nominale in kWp del campo FV;

I_{rr} è l'irraggiamento in W/m^2 misurato sul piano dei moduli con precisione migliore del 3%;

I_{STC} è l'irraggiamento in STC par