

37036 San Martino Buon Albergo (VR) - via Archimede, 10 - piano secondo, interno 13

telefono: 045 8781131

e-mail: [elettro@piramide-engineering.com](mailto:elettro@piramide-engineering.com)

telefax: 045 8797494

[termo@piramide-engineering.com](mailto:termo@piramide-engineering.com)

committente: *SUPERMERCATI TOSANO CEREAL s.r.l.*  
*37053 Cerea (VR) - via Palesella, 1*

intervento: *Progetto per la realizzazione, in conformità alle Leggi e alle Normative vigenti, di un impianto di produzione elettrica a conversione fotovoltaica da 189 kWp a servizio di un fabbricato con destinazione ad uso commerciale inserito all'interno del piano di lottizzazione "P.U.A. VABENE" nel comune di 36030 Costabissara (VI) - località Motta*

elaborato: *Relazione Tecnica*

commessa:

*035-14*

file:

*035-14-FTV-RP01*

data:

*11.2015*

aggiornamenti

data

installatore:

progettista:

*per.ind. Andrea Toni*

direttore/i dei lavori:

timbro e firma progettista

note:



**Il presente fascicolo contiene:**

- 1.0.0 Introduzione
- 2.0.0 Descrizione sommaria del/degli edifici
- 3.0.0 Norme tecniche e Leggi
- 4.0.0 Prescrizioni particolari per sistemi fotovoltaici
- 5.0.0 Criteri di dimensionamento
- 6.0.0 Scelta dei componenti elettrici
- 7.0.0 Descrizione sommaria degli impianti elettrici
- 8.0.0 Piano di manutenzione
- 9.0.0 Verifiche, prove e collaudo dell'impianto
- 10.0.0 Garanzie
- 11.0.0 Allegati e conclusioni

***Elaborati grafici allegati:***

*Piante:*

*-035-14-FTV-PL01: Planimetria ubicazione apparecchiature IMPIANTO FOTOVOLTAICO*

*Schemi elettrici:*

*-035-14-FTV-SC01: Schema elettrico multifilare*

## 1.0.0 Introduzione

La presente relazione tecnica indica le proprietà impiantistiche, le prescrizioni e i presupposti progettuali generali da attuare per l'esecuzione degli impianti elettrici presso l'attività in seguito descritta.

Il presente progetto redatto seguendo la normativa indicante la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici (CEI 0-2) è richiesta dalla D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici".

La legge in questione traccia e suddivide compiti, doveri e responsabilità dei soggetti partecipanti al compimento dell'opera.

### Committente

Si ricorda che il committente è tenuto ad affidare i lavori di installazione, di trasformazione, di ampliamento e di manutenzione straordinaria degli impianti, a imprese, singole o associate, regolarmente iscritte nel registro delle imprese di cui al decreto del Presidente della Repubblica 7 dicembre 1995, n. 581 e successive modificazioni, o nell'Albo provinciale delle imprese artigiane di cui alla legge 8 agosto 1985, n. 443, se l'imprenditore individuale o il legale rappresentante ovvero il responsabile tecnico da essi preposto con atto formale, e' in possesso dei requisiti professionali descritti all'articolo 4 del decreto.

(articolo 3, D.M. 22/01/2008, n. 37)

Alle violazioni degli altri obblighi derivanti dal presente decreto si applicano le sanzioni amministrative con riferimento all'entità e complessità dell'impianto, al grado di pericolosità ed alle altre circostanze obiettive e soggettive della violazione.

(articolo 15, D.M. 22/01/2008, n. 37)

### Progettista

Il D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 – indica i limiti dimensionali e le tipologie d'attività per la quale è resa obbligatoria la redazione del progetto da parte di professionisti, iscritti agli albi professionali, nell'ambito delle rispettive competenze.

(articolo 5, D.M. 22/01/2008, n. 37)

### Ditta installatrice

Tutti gli oneri d'obbligo per assicurazioni infortuni, assicurazioni malattia, assicurazioni sociali e rispetto delle norme antinfortunistiche sono a carico della ditta installatrice.

In ogni caso, la ditta appaltatrice è responsabile in pieno delle irregolarità che sono commesse in proposito, sollevando la ditta appaltante e la direzione lavori D.L. da tutte le conseguenze civili, penali e pecuniarie derivanti da inadempienze.

Sono a carico della ditta appaltatrice i danni dovuti ad inesperienza o negligenza propria o del personale, o ad impropria modalità d'esecuzione dei lavori.

Pertanto la ditta installatrice è tenuta ad osservare ed a far osservare al proprio personale la disciplina comune a tutte le maestranze del cantiere.

Essa è obbligata ad allontanare quei suoi dipendenti che al riguardo non sono bene accetti alla committente.

A fine lavoro viene eseguito il collaudo degli impianti elettrici, il quale dovrà accertare che gli impianti ed i lavori, per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e il funzionamento, siano in tutto corrispondenti a quanto precisato nel presente progetto, tenuto conto di eventuali modifiche eseguite, in accordo con la D.L., in fase d'esecuzione dei lavori.

Ad impianto ultimato si deve provvedere alle seguenti verifiche di collaudo:

- rispondenza alle disposizioni di legge;
- rispondenza alle prescrizioni dei Vigili del Fuoco (eventuale);
- rispondenza a prescrizioni particolari concordate con la committente;
- rispondenza alle norme CEI relative al tipo di impianto;

Devono inoltre essere eseguite le verifiche, esame a vista e prove, richieste dalle Normative.

Al termine dei lavori l'impresa installatrice è tenuta a rilasciare al committente la dichiarazione di conformità degli interventi eseguiti e i relativi allegati obbligatori.

*(articoli 6-7, D.M. 22/01/2008, n. 37)*

Inoltre l'impresa installatrice deposita, entro 30 giorni dalla conclusione dei lavori, presso lo sportello unico per l'edilizia, di cui all'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 del comune ove ha sede l'impianto, la dichiarazione di conformità ed il progetto redatto ai sensi dell'articolo 5, o il certificato di collaudo degli impianti installati, ove previsto dalle norme vigenti.

*(articolo 11, D.M. 22/01/2008, n. 37)*

## 2.0.0 Descrizione sommaria del/degli edifici/io

Il generatore fotovoltaico oggetto della presente documentazione viene installato sulla copertura del complesso edilizio ubicato in 36030 Costabissara (VI) - località Motta all'interno del piano urbanistico "P.U.A. VABENE", di proprietà della società SUPERMERCATI TOSANO CEREAL s.r.l. avente sede in 37053 Cerea (VR) – via Palesella, 1, ed è adibito ad attività commerciale con annesso magazzino.

L'impianto fotovoltaico che si va a dimensionare funzionerà in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica di bassa tensione e provvederà a coprire, per intero o parzialmente, il fabbisogno energetico dell'utenza in oggetto. Parte dell'energia elettrica prodotta sarà quindi consumata in loco, secondo l'incrocio tra disponibilità di radiazione solare e richiesta di elettricità da parte dell'utenza. Il surplus di energia, potrà essere venduto alla rete elettrica, come da normative vigenti. (scambio sul posto)

*L'attività in oggetto è soggetta al controllo del Comando Provinciale dei V.V.F. secondo quanto indicato dal D.P.R. 01 agosto 2011 n.151 per le seguenti attività:*

- *"Attività 69.3.C": Locali adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio, fiere e quartieri fieristici, con superficie lorda oltre 1.500 mq comprensiva dei servizi e depositi. Sono escluse le manifestazioni temporanee, di qualsiasi genere, che si effettuano in locali o luoghi aperti al pubblico.*
- *"Attività 49.2.B": Gruppi per la produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici ed impianti di cogenerazione di potenza complessiva oltre 350 kW e fino a 700 kW;*

*La presente documentazione di progetto, redatta da un professionista regolarmente iscritto all'albo professionale nell'ambito delle relative competenze, è richiesta, come indicato nel D.M. 22 gennaio 2008, n.37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici o delle relative pertinenze", per l'installazione la trasformazione e l'ampliamento degli impianti elettrici nei seguenti casi:*

- *relativi agli immobili adibiti ad attività produttive, al commercio, al terziario e ad altri usi quando sono alimentate a tensione superiore a 1000V, inclusa la parte a bassa tensione, o quando le utenze sono alimentate in bassa tensione (B.T.) aventi potenza impegnata superiore a 6KW o qualora la superficie superi i 200mq;*
- *impianti elettrici relativi ad unità immobiliari provviste, anche solo parzialmente, di ambienti soggetti a Normativa specifica del Comitato Elettrotecnico Italiano, in caso di locali adibiti ad uso medico o per i quali sussista pericolo di esplosione o maggior rischio di incendio, nonché per impianti di protezione scariche atmosferiche in edifici di volume superiore a 200mc.*

### 3.0.0 Norme tecniche e Leggi

- Legge 22 gennaio 2008, n. 37 - "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- 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 - Regola d'arte.
- Norme CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c. Parte1-2-3-4-5-6.
- Norme CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c. Parte7: sezione 712 Sistemi fotovoltaici (PV) di alimentazione.
- Norme CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti di elettriche di Media e Bassa Tensione
- Norme CEI 11-1: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione energia elettrica. Impianti di terra
- Norme CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria
- Norme CEI EN 50380: Fogli informativi per moduli fotovoltaici
- Norme CEI 17-13/1: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.)
- Norme CEI 11-17: Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica linee in cavo.
- 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 61000-3-12: Compatibilità elettromagnetica (EMC). Parte 3-12: Limiti – Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso  $>16$  A e  $\leq 75$  A per fase;
- 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 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 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;

- DK 5940 Ed. II Criteri di allacciamento di impianti di produzione alla rete BT di Enel Distribuzione
- Norme UNI e UNEL riguardanti la normalizzazione del materiale elettrico
- Eventuali Norme e Leggi locali
- Eventuali raccomandazioni e disposizioni Enti Pubblici

N.B. In ogni caso dovranno essere applicate le misure più severe in caso di disegualianza tra Norme, disposizioni legislative e prescrizioni.

#### 4.0.0 Prescrizioni particolari per sistemi fotovoltaici

Le prescrizioni della presente paragrafo si applicano agli impianti di sistemi di alimentazione fotovoltaici (PV), compresi i sistemi con moduli in c.a.

##### *Caratteristiche generali – Prescrizioni per la sicurezza*

#### **Modi di collegamento a terra**

La massa a terra dei conduttori attivi del lato c.c. è permessa, a condizione che esista almeno una separazione semplice tra il lato c.a. ed il lato c.c.

#### **Protezione contro i contatti diretti ed indiretti**

I componenti PV sul lato c.c. devono essere considerati sotto tensione anche quando il sistema distacca sul lato c.a.

#### **Protezione contro i contatti indiretti**

Sul lato c.a., il cavo di alimentazione PV deve essere collegato sul lato a monte del dispositivo di protezione previsto per l'interruzione automatica della alimentazione dei circuiti alimentanti apparecchi utilizzatori.

Quando un impianto elettrico comprende un sistema di alimentazione PV senza almeno una semplice separazione tra il lato c.a. ed il lato c.c., il dispositivo differenziale installato per fornire protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione deve essere del tipo B secondo IEC 60755/A2.

Quando l'invertitore PV non sia per costruzione tale da iniettare correnti continue (c.c.) di guasto a terra nell'impianto elettrico, non è richiesto un interruttore differenziale di tipo B secondo IEC 60755/A2.

Si raccomanda di usare preferibilmente sul lato c.c. la protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente.

Non è permessa sul lato c.c. la protezione mediante luoghi non conduttori.

Non è permessa sul lato c.c. la protezione mediante collegamento equipotenziale locale non connesso a terra.

#### **Protezione contro le correnti in sovraccarico sul lato c.c.**

La protezione contro i sovraccarichi può essere omessa sui cavi delle stringhe PV e dei pannelli PV quando la portata dei cavi sia eguale o superiore a 1,25 volte ISC STC in qualsiasi punto.

La protezione contro i sovraccarichi può essere omessa sul cavo principale PV se la portata è eguale o superiore a 1,25 volte ISC STC del generatore PV.

#### **Protezione contro le correnti di cortocircuito**

Il cavo di alimentazione PV sul lato c.a. deve essere protetto contro i corto circuiti mediante un dispositivo di protezione contro i corto circuiti installato nel punto di connessione al circuito dell'impianto elettrico.

#### **Protezione contro le interferenze elettromagnetiche (EMI) negli edifici.**

Per ridurre al minimo le tensioni indotte da fulmini, la superficie di tutti gli anelli formati dalle condutture deve essere la più piccola possibile.

*Caratteristiche generali – Scelta ed installazione dei componenti elettrici*

**Conformità alle Norme**

I moduli PV devono soddisfare le prescrizioni delle relative Norme, per esempio della Norma CEI EN 61215 (CEI 82-8) per i moduli PV cristallini. Si raccomanda di usare moduli PV di classe II o con isolamento equivalente se UOC STC delle stringhe PV supera 120V c.c.

La scatola di giunzione del pannello PV, la scatola di giunzione del generatore PV e l'apparecchiatura assiemata di protezione e di manovra devono essere conformi alla CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1).

**Condizioni di funzionamento ed influenze esterne**

I componenti elettrici sul lato c.c. devono essere adatti per tensione continua e per corrente continua. I moduli PV possono essere collegati in serie sino al valore più basso delle massime tensioni di funzionamento ammesse per moduli PV e per il convertitore PV. Le specifiche relative a questi componenti elettrici devono essere ottenute dai loro costruttori.

Se si usano diodi di blocco, il valore della loro tensione nominale inversa deve essere 2 volte il valore UOC STC della stringa PV. I diodi di blocco devono essere collegati in serie con la stringa PV.

In accordo con quanto specificato dal costruttore, i moduli PV devono essere installati in modo che ci sia un'adeguata dissipazione del calore nelle condizioni di posa di massima radiazione solare.

**Accessibilità**

La scelta e la messa in opera dei componenti elettrici deve facilitare un'efficace manutenzione e non deve compromettere le disposizioni date dal costruttore degli stessi componenti intese a permettere di effettuare il lavoro di manutenzione e l'esercizio in condizioni di sicurezza.

*Caratteristiche generali – Condutture elettriche*

**Scelta e messa in opera in funzione delle influenze esterne**

I cavi delle stringhe PV e dei pannelli PV e i cavi PV principali di alimentazione in c.c. devono essere scelti ed installati in modo tale da rendere minimo rischio di guasti a terra ed i cortocircuiti.

Le condutture devono sopportare le influenze esterne previste, quali vento, formazione di ghiaccio, temperatura e radiazione solare.

**Sezionamento, interruzione e comando**

Per permettere la manutenzione del convertitore PV devono essere previsti dispositivi atti a sezionare il convertitore PV dai lati c.c. e c.a..

**Dispositivi di sezionamento**

Nella scelta della messa in opera di dispositivi di sezionamento e di interruzione da installare tra impianto PV e la alimentazione pubblica, l'alimentazione pubblica deve essere considerata come la sorgente e l'impianto PV come il carico.

Un dispositivo di sezionamento deve essere previsto sul lato c.c. del convertitore PV.

Tutte le scatole di derivazione (scatole del generatore PV e dei pannelli PV) devono essere provviste di un avviso che indichi che le parti attive situate all'interno delle stesse scatole possono restare sotto tensione dopo il sezionamento del convertitore PV.

### **Messa a terra e conduttori di protezione**

Se sono messi in opera conduttori equipotenziali essi devono essere paralleli e vicini, per quanto possibile, ai cavi in c.c. ed in c.a. ed i loro accessori.

### **Dimensionamento elettrico**

*La tensione della sezione in c.c.*

La tensione della sezione in corrente continua di un generatore fotovoltaico va opportunamente scelta, nella fase progettuale, in funzione della sua tipologia e dei componenti in esso utilizzati.

La tensione massima di un generatore fotovoltaico è determinata dalla somma delle tensioni a vuoto ( $V_{0c}$ ) dei moduli fotovoltaico collegati tra loro in serie (stringhe).

La tensione di funzionamento di un generatore fotovoltaico è determinata dal punto di lavoro del generatore fotovoltaico:

- per un sistema ad accoppiamento diretto campo PV e batterie, esso risulta dall'incontro delle caratteristiche tensione-corrente dei componenti suddetti
- per sistemi collegati a dispositivi elettronici di conversione dell'energia, tale punto corrisponde normalmente al punto di massima potenza (funzione MPPT), al fine di ottimizzare la resa energetica dell'impianto.

Sia la tensione a vuoto che la tensione di lavoro variano in modo inverso alla temperatura di funzionamento dei moduli fotovoltaico.

La tensione a vuoto e la tensione di lavoro variano, invece, in modo diretto con l'irraggiamento incidente sui moduli fotovoltaico

Il primo componente di cui tenere conto nella scelta della tensione è il modulo fotovoltaico, esso è caratterizzato da una tensione ammessa per il sistema in cui viene inserito dichiarata dal costruttore e normalmente certificata. (CEI EN 50380). Il valore usuale della tensione massima ammessa è attualmente compreso tra 600-1000V.

Nel caso in cui il generatore PV sia collegato ad un sistema di conversione la tensione va scelta all'interno della finestra di tensione c.c. d'ingresso ammessa dall'inverter. In tale dimensionamento si deve tener conto delle variazioni di tensione di funzionamento e di tensione a vuoto del generatore PV al variare dell'irraggiamento e della temperatura di funzionamento.

Un'ulteriore scelta è quella dei dispositivi d'interruzione. Spesso sono disponibili componenti commerciali certificati per l'impiego su sistemi a tensione massima in c.c. fino a 600V; tensioni superiori implicano il ricorso a dispositivi speciali o a dispositivi per tensioni superiori.

Infine un aspetto rilevante dal punto di vista della sicurezza, è l'impossibilità pratica di porre fuori tensione il generatore fotovoltaico alla presenza della luce solare. Questo costituisce elemento di attenzione in fase di progettazione del generatore PV così come in occasione della sua manutenzione e, ancora, in caso di intervento delle protezioni.

Dal punto di vista elettrico, il campo PV deve essere gestito preferibilmente come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra, adottando le possibili soluzioni previste dalla Norma CEI 64-8.

### Configurazione serie parallelo

Le stringhe sono costituite dalla serie di moduli fotovoltaico elettricamente collegati tra loro, e in genere meccanicamente disposti affiancati.

Nella scelta della configurazione delle stringhe di moduli PV si deve verificare che le caratteristiche elettriche delle stesse (incluso corrente di corto circuito, tensione a vuoto, corrente e tensione alla massima potenza), siano per quanto possibile simili.

In particolare per massimizzare la produzione d'energia, è opportuno che le stringhe non siano differenti per:

- tipo di modulo
- classe di corrente del modulo
- esposizione dei moduli (azimut, elevazione e ombreggiamento)
- numero dei moduli in serie.

Stringhe, che non corrispondano all'uniformità suddetta, dovrebbero essere utilizzate separatamente o collegate a distinti gruppi di conversione.

Ciascuna stringa di moduli PV deve essere singolarmente sezionabile, al fine di poter effettuare verifiche di funzionamento e manutenzioni senza dover porre fuori servizio l'intero generatore fotovoltaico

I generatori fotovoltaico costituiti da un numero elevato di stringhe, ciascuna stringa deve essere provvista di un dispositivo di protezione per sovracorrente (diodo di blocco o fusibili) al fine di evitare che, in seguito di ombreggiamenti o guasti una stringa diventi passiva assorbendo e dissipando con danno la potenza elettrica generata dalle altre stringhe connesse in parallelo. Il numero massimo di stringhe, oltre al quale occorre utilizzare un dispositivo di protezione, dipende dalle caratteristiche dei moduli e dal numero di moduli in serie (e quindi dalla tensione della sezione di c.c.) e dovrà essere determinato in fase di progettazione. Cautelativamente l'utilizzo dei dispositivi di protezione per sovracorrente è necessario in generatori costituiti da più di tre stringhe, purché queste siano costituite da moduli con caratteristiche elettriche simili.

In relazione all'esposizione alle sovratensioni indotte di origine atmosferica deve essere valutata l'opportunità di dotare ciascuna stringa (o eventualmente la sbarra di parallelo) di dispositivi di protezione contro le sovratensioni. Tali dispositivi devono essere adatti a circuiti in c.c. e protetti da fusibile (meglio se con segnalatore d'intervento), al fine di evitare che il loro innesco permanente possa determinare incendi.

Si raccomanda, infine, di realizzare, quando possibile, due anelli per ciascuna stringa di moduli, nei quali la corrente circoli in senso opposto, cioè due spire nelle quali le sovratensioni indotte da scariche atmosferiche si compensino parzialmente, riducendo quindi il valore risultante ai terminali della stringa. Nel caso in cui non sia provvedere alla creazione di due anelli ad induzione invertita, si raccomanda un percorso di cablaggio delle stringhe tale da minimizzare l'area della spira equivalente creata dal circuito delle celle e dei collegamenti tra i moduli fotovoltaico.

### Inverter

Gli inverter per fotovoltaico devono avere una separazione metallica tra la parte in corrente continua (anche se interna al convertitore) e parte alternata, anche al fine di non iniettare correnti continue nella rete elettrica. Se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW, tale separazione metallica può essere sostituita da una protezione che intervenga per valori di componente continua complessiva superiori allo 0,5% del valore efficace della componente fondamentale complessiva dei convertitori.

Occorre quindi verificare il tipo di isolamento presente all'interno dell'inverter:

- se è presente un trasformatore di bassa frequenza che accoppia l'inverter alla rete del distributore non è necessario nessun altro adempimento;
- se è presente un trasformatore in alta frequenza che isola il campo fotovoltaico dall'interno dell'inverter (l'esercizio del generatore fotovoltaico come sistema IT è comunque garantito) oppure non è presente alcun trasformatore, occorre prevedere la protezione aggiuntiva citata in precedenza che può essere anche integrata nell'inverter.

Un'opportuna protezione per l'inverter è sicuramente costituita dalla protezione differenziale lato c.c. Questa protezione è attiva contro il guasto verso terra (lato c.c.) dell'impianto fotovoltaico, operando una funzione di arresto del processo di conversione (inverter) e il suo distacco dalla rete. Questa operazione è particolarmente raccomandabile per gli inverter senza trasformatore.

### **Configurazione del sistema di conversione**

Nella scelta dell'inverter occorre tenere conto che, in base alla potenza dell'impianto, si determina il tipo di connessione alla rete del distributore: quando la potenza supera i 6 kW (CEI 11-20; V1) diventa obbligatoria la connessione trifase, mentre per potenze inferiori la connessione monofase è adeguata.

Qualora sia adottata la connessione trifase, questa può essere ottenuta utilizzando inverter con uscita trifase oppure inverter monofasi in configurazione trifase (tipicamente connessi tra una fase di rete ed il neutro).

Nel caso di utilizzo di più inverter monofasi in configurazione trifase, è opportuno che essi siano distribuiti equamente sulle tre fasi della rete del distributore in modo da minimizzare lo squilibrio delle potenze erogate, che dovrebbe essere contenuto entro i 6kW. In questo caso, deve essere previsto un organo di interfaccia, unico per l'intero impianto, asservito da un'unica protezione di interfaccia o alle protezioni di interfaccia integrate negli inverter, quando presenti. Per potenze fino a 20kW, la funzione può essere svolta da dispositivi d'interfaccia distinti fino ad un massimo di tre. (CEI 11-20; V1)

### **Scelta dell'inverter e della sua installazione**

La scelta del modello dell'inverter e della sua taglia va effettuata in base alla potenza nominale fotovoltaica ad esso collegata. Si può stimare la taglia dell'inverter, scegliendo tra 0,75 e 0,90 il rapporto tra potenza attiva erogata nella rete del distributore e la potenza nominale del generatore fotovoltaico; questo rapporto tiene conto della diminuzione della potenza dei moduli fotovoltaici nelle reali condizioni operative; la potenza generata dal campo PV, essendo dipendente dalle condizioni installative (posizionamento, inclinazione temperatura etc.) viene automaticamente limitata dall'inverter in modo tale che la potenza generata non sia superiore di quella normalmente prevista.

Dopo aver scelto il modello dell'inverter occorre porre attenzione all'ambiente d'installazione, in maniera da garantire un'adeguata temperatura e ventilazione. Un riscaldamento eccessivo può provocare il blocco per sovra temperatura.

### **Organi di manovra**

Per ragioni funzionali e di sicurezza, i circuiti elettrici sono dotati di dispositivi di manovra ed interruzione per:

- sezionamento per poter eseguire lavori elettrici
- interruzione per poter eseguire lavori non elettrici, su apparecchiature
- interruzione d'emergenza, di fronte al rischio di un pericolo imminente
- comando funzionale per aprire o chiudere il circuito per motivi funzionali

### **Strumenti di misura**

Per impianti di piccola taglia (potenza < 20 kW) le misure per l'indicazione dello stato dell'impianto sono generalmente effettuate all'interno dell'inverter e i relativi risultati vengono presentati tramite display dell'inverter.

Nel caso di impianti di media o grande taglia (potenza > 20 kW e < 1 MW):

- i quadri di campo devono essere dotati di strumenti per l'indicazione della tensione e della corrente della parte del generatore fotovoltaico ad esso collegato;
- La sezione di corrente continua, oltre ad essere dotata di strumenti per l'indicazione della tensione e della corrente dell'intero generatore fotovoltaico, dovrà essere provvista di un misuratore continuo dell'isolamento (che potrà essere integrato dall'inverter). Esso deve essere provvisto di indicatore sonoro e visivo di basso isolamento e contatto di blocco in presenza di anomalia. Inoltre dovrà essere dotato di indicatore a fronte quadro con indicazione dell'isolamento su scala graduata in Mohm, con possibilità di taratura della soglia di intervento;
- La sezione in corrente alternata dovrà essere provvista di strumenti per l'indicazione della corrente e potenza in uscita dal gruppo di conversione e della tensione di rete del distributore.

Ciascun sottosistema fotovoltaico deve essere dotato di un sistema di misura dell'energia prodotta (cumulata) e delle relative ore di funzionamento: a tal fine può essere impiegata l'eventuale strumentazione di misura in dotazione ai gruppi di conversione della potenza

L'acquisizione dei dati di funzionamento di un impianto PV deve essere effettuata tramite idonei sistemi di acquisizione dati (SAD), in accordo con la Norma CEI EN 61724. In particolare per un impianto fotovoltaico collegato alla rete del distributore la norma prevede la misura di alcuni parametri. Tali parametri, e le misure ai fini fiacali e tariffarie sono riportate nella Guida CEI 82-25;

### **Protezioni**

Gli impianti fotovoltaici devono essere dotati di opportuni sistemi di protezione, alla stregua di qualsiasi sistema elettrico di produzione.

I pericoli per le persone che possono venire in contatto con gli impianti e le apparecchiature elettriche derivano essenzialmente da:

- Contatto diretto: è il caso di contatto di parti del corpo con parti attive di un circuito elettrico destinate ad essere in tensione durante il normale servizio.
- Contatto indiretto: è il caso di contatto di parti del corpo con masse, cioè con involucri metallici conduttivi normalmente non in tensione ma che possono andare accidentalmente in tensione per cedimento dell'isolamento principale dell'apparecchiatura elettrica.

### **Protezione contro i contatti diretti**

La protezione contro i contatti diretti deve essere realizzata utilizzando componenti con livello e classe di isolamento adeguati alla specifica applicazione, secondo quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.

### **Protezione contro i contatti indiretti**

Le masse di tutte le apparecchiature devono essere collegate a terra, mediante il conduttore di protezione. Sul lato c.a. in bassa tensione, il sistema deve essere protetto mediante un dispositivo di interruzione differenziale di valore adeguato ad evitare l'insorgenza di potenziali pericolosi sulle masse, secondo quanto indicato nella Norma CEI 64-8.

Si precisa che, nel caso di generatori fotovoltaici costituenti sistemi elettrici in bassa tensione con moduli dotati solo di isolamento principale, è necessario mettere a terra le cornici metalliche dei moduli fotovoltaici, le quali in questo caso sono da considerare masse.

### **Protezioni da sovratensioni**

Gli impianti fotovoltaici, essendo tipicamente dislocati all'esterno di edifici e spesso sulla loro sommità risultano essere esposti a sovratensioni derivanti da scariche atmosferiche sia di tipo diretto (struttura colpita da fulmine) che indiretto (fulmine che si abbatte nelle vicinanze).

### **Fulminazione diretta**

Generalmente, l'installazione di un impianto fotovoltaico non altera la dimensione dell'edificio e non comporta precauzioni aggiuntive nei riguardi della fulminazione diretta. Nel caso, invece, in cui la presenza dell'impianto fotovoltaico alteri in maniera significativa la sagoma della copertura (ad esempio costituendo un'elevazione importante), occorre riconsiderare il comportamento dell'edificio nei confronti della fulminazione diretta.

La serie delle Norme CEI EN 62305 (CEI 81-10) fornisce il metodo di valutazione del rischio confrontandolo col rischio accettabile per la particolare struttura.

### **Fulminazione indiretta**

La fulminazione indiretta crea sovratensioni nei circuiti elettrici principalmente per accoppiamento induttivo.

I circuiti in c.c. che collegano tra loro i moduli fotovoltaici hanno tipicamente la forma di anello chiuso e pertanto sono spesso la causa di accoppiamenti induttivi con i campi elettromagnetici generati dai fulmini. È necessario provvedere ad una disposizione dei moduli PV e dei circuiti che li collegano, tale da ridurre al minimo l'ampiezza dell'area circoscritta dai circuiti stessi, che può risultare esposta ad induzione da scariche atmosferiche.

Ai terminali dei dispositivi sensibili deve essere valutata l'opportunità di interporre un sistema di protezione costituito da SPD, con soglie d'intervento adatte alla tensione di lavoro del circuito. Tale sistema di protezione, quando se ne ravvede la necessità in base alla sensibilità dei dispositivi posti a valle, oltre a limitare la sovratensione differenziale, deve intervenire per sovratensione di modo comune. Si raccomanda di usare dispositivi con segnalazione del loro stato.

La serie delle Norme CEI EN 62305 (CEI 81-10) fornisce il metodo di valutazione del rischio confrontandolo col rischio accettabile per la particolare struttura.

## **Il dimensionamento meccanico**

### **Le strutture di sostegno**

Per struttura di sostegno di un generatore PV si intende un sistema costituito dall'assemblaggio di profili, generalmente metallici, in grado di sostenere e ancorare al suolo o a una struttura edile un insieme i moduli fotovoltaico, nonché di ottimizzare l'esposizione di quest'ultimi nei confronti della radiazione solare.

### **Legislazione di riferimento**

Le strutture devono essere progettate, realizzate e collaudate in base ai principi generali delle leggi 1086/71 e 64/74, nonché tenendo conto del Testo Unico Norme Tecniche per le Costruzioni e delle indicazioni più specifiche contenute nei relativi decreti e circolari ministeriali.

### **Analisi dei carichi**

Le strutture di sostegno devono essere calcolate per resistere alle seguenti sollecitazioni di carico:

- carichi permanenti: peso strutture, zavorre e moduli
- sovraccarichi: neve, vento, variazioni termiche ed effetti sismici.

Le verifiche delle strutture di sostegno vanno eseguite combinando le precedenti condizioni di carico nel modo più sfavorevole al fine di ottenere le sollecitazioni più gravose.

## 5.0.0 Criteri di dimensionamento

### DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1. Gli impianti di potenza compresa tra 1kWp e 50 kWp verranno progettati per avere una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 75% del valore della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle condizioni STC.

Per gli impianti di potenza superiore a 50 kWp ed inferiore a 1.000 kWp verranno invece rispettate le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / ISTC$$

In cui:

$P_{cc}$  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 espresso in W/m<sup>2</sup> misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del  $\pm 3\%$ ;

$I_{stc}$  pari a 1000 w/m<sup>2</sup> è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione sarà verificata per  $I > 600$  W/m<sup>2</sup>.

$$P_{ca} > 0.9 * P_{cc}$$

In cui:  $P_{ca}$  è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del  $\pm 2\%$ ;

Tale condizione sarà verificata per  $P_{ca} > 90\%$  della potenza di targa del gruppo di conversione.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati.

Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass. Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

La potenza nominale del generatore è data da:

$$P = P_{modulo} * N^{\circ}moduli$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

$$E = P * IRR / 1000 * (1-DISP)$$

dove Irr = Irraggiamento medio annuo: 1367,9 kWh/m<sup>2</sup>a

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento 0,00 %

Perdite per aumento di temperatura 5,54 %

Perdite di mismatching 5,00%

Perdite in corrente continua 1,50 %

Altre perdite (sporcizia, tolleranze ...) 5,00 %

Perdite per conversione 6,80 %

Perdite totali 21,74 %

**PROTEZIONI DALLE SOVRACCORRENTI**

*Tutti i circuiti dell'impianto elettrico dovranno essere protetti dal sovraccarico e dal corto circuito, salvo diverse indicazioni ammesse dalla normativa.*

*Tale protezione verrà realizzata con interruttori automatici magnetotermici e/o fusibili, che devono essere correttamente dimensionati secondo le condizioni:*

**- protezione da sovraccarico:**

$$I_f \leq 1,45 \times I_z \qquad I_b \leq I_n \leq I_z$$

Per i fusibili, tale condizione è soddisfatta se:

per	$4A \leq I_{fus} \leq 10A$	$I_{fus} \leq 0,763 I_z$
per	$10A \leq I_{fus} \leq 25A$	$I_{fus} \leq 0,828 I_z$
per	$I_{fus} \leq 25A$	$I_{fus} \leq 0,9 I_z$

**- protezione da corto circuito:**

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

dove:

$I_f$  = corrente convenzionale d'intervento

$I_z$  = corrente di massima portata del conduttore

$I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione

$I_b$  = corrente d'impiego del conduttore

$(I^2 t)$  = e' l'integrale di Joule per la durata del corto circuito in (A<sup>2</sup>S).

$S$  = e' la sezione dei conduttori (in mm<sup>2</sup>)

$K$  = e' uguale a 115 per i cavi isolati in PVC e 135 per i cavi isolati in gomma butile (anima in rame), ecc.

**PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI**

**PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI:**

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente alternata che in corrente continua, è da considerarsi in bassa tensione.

La protezione nei confronti dei contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- Utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23)
- Utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi
- Collegamenti effettuati utilizzando cavi rivestiti con guaina esterna protettiva e idonei per la tensione nominale utilizzata. I cavi risulteranno opportunamente ancorati o appoggiati e, se accessibili, sono alloggiati in condotti portacavi (canali o tubi a seconda del tratto) idonei allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risultano alloggiati in condotti portacavi. Questi collegamenti, tuttavia, essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche di alcun tipo, ne' risultano ubicati in luoghi dove sussistano rischi di danneggiamento per azione di terzi.

**PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI:**

Consiste nel prevedere misure intese a proteggere le persone in caso di contatto con parti conduttrici normalmente non in tensione, che potrebbero innalzare il loro potenziale in caso di guasto a terra per cedimento dell'isolamento.

Tale protezione può essere realizzata in vari modi i quali dipendono anche dal tipo di collegamento a terra del sistema elettrico (sistemi TT, TN-S/C).

**Sistema TT**

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_e \times I_a \leq 50V$$

dove:

$R_e$  = resistenza di terra in Ohm.

$I_a$  = corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione, in ampere. Se viene utilizzato un dispositivo contro le sovracorrenti, questa corrente è quella che ne provoca il funzionamento automatico entro 5 s; se viene utilizzato un dispositivo a corrente differenziale,  $I_a$  è la corrente nominale differenziale.

50V= Massimo potenziale verso terra che può essere assunto dalle masse in caso di guasto franco.

**Sistema in corrente continua (IT)**

Il sistema in corrente continua costituito dalle stringhe di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter è un sistema che non presenta alcun punto connesso elettricamente a terra (flottante).

Non vi sono parti metalliche che possono andare in tensione per cedimento dell'isolamento principale e quindi da considerarsi masse secondo quanto riportato nella norma CEI 64-8. Questo perché i moduli fotovoltaici, i cavi e i dispositivi di connessione presentano un isolamento di classe II tra le parti attive e l'esterno. Tuttavia, in considerazione dell'estensione dell'impianto e della sua esposizione continuata agli agenti atmosferici, si ritiene opportuno considerare ulteriori misure di ricalzo, al fine di scongiurare l'insorgenza di tensioni pericolose sulle cornici dei moduli o su altre parti metalliche a contatto. A questo riguardo, la buona pratica impiantistica suggerisce di prevedere in modo

particolare il possibile manifestarsi di tensioni differenziali su parti metalliche simultaneamente raggiungibili da un singolo operatore (ad esempio cornice-cornice o cornice-struttura).

Sono quindi da considerarsi utili nei confronti dei contatti indiretti le seguenti misure di prevenzione aggiuntive adottate nel progetto:

- Controllo dell'isolamento del generatore fotovoltaico da parte dei singoli inverter.
- Trasformatore di isolamento che impedisce la chiusura dell'anello di guasto sia nel caso di contatti diretti che di contatti indiretti.
- Collegamento equipotenziale dei moduli fotovoltaici con la struttura di sostegno effettuato mediante gli organi di fissaggio meccanico (la cornice dei moduli è passivata con trattamento galvanico, è quindi opportuno rimuovere localmente lo strato isolante per assicurare un buon contatto ohmico).
- Collegamento a terra delle strutture metalliche. Nel caso in cui l'intera struttura sia costituita da più parti metalliche separate, queste dovranno essere collegate tra loro mediante un conduttore equipotenziale con sezione di 16 mmq.
- Dispositivo di interruzione differenziale sulla linea trifase di uscita dell'impianto.

*VERIFICA DEL COORDINAMENTO TRA CONDUTTORE E DISPOSITIVO DI PROTEZIONE AI FINI DEL CORTO CIRCUITO*

Calcolo della  $I_{ccmin}$  al fine del coordinamento tra conduttore e dispositivo di protezione ai fini del corto circuito

Per semplicità di calcolo e cautelativamente si trascura la reattanza equivalente della rete M.T. riferita al secondario del trasformatore.

$$S \text{ (kVA)} \quad V_{cc}\%$$

$$V1/V2 \text{ (V)} \quad P_{cc}\%$$

$$Z_t = \frac{V_{cc}\% \times V_2^2}{100 \times S} = (\Omega)$$

$$R_t = \frac{P_{cc}\% \times V_2^2}{100 \times S} = (\Omega)$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = (\Omega)$$

Alimenta il c.to c.to il trasformatore

$$R_1 = R_t = (\Omega)$$

$$X_1 = X_t = (\Omega)$$

$$Z_1 = Z_t = (\Omega)$$

$$I_{cc1} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \times Z_1} = (A)$$

Nel calcolo si trascurano, cautelativamente, la R e la X dell'interruttore di protezione.

Si prende in considerazione il caso più sfavorevole ai fini del calcolo della  $I_{cc}$  minima occorrente al coordinamento dell'intervento delle protezioni; c.to c.to alimentato dal trasformatore.

Caratteristiche del cavo che alimenta il Q.E.

Formazione per sezione = (mmq )

Lunghezza = (m)

$R_c = (\Omega)$

$R_2 = R_t + R_c = (\Omega)$

$X_c = (\Omega)$

$X_2 = X_t + X_c = (\Omega)$

$Z_2 = \sqrt{(R_2^2 + X_2^2)} = (\Omega)$

**Calcolo del valore massimo della corrente di c.to c.to a fine linea.**

$$I_{cc2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3} \times Z_2} = (A)$$

**Calcolo del valore minimo della corrente di c.to c.to a fine linea.**

Corto circuito fase-neutro ai fini della sollecitazione termica del cavo per un c.to c.to in fondo alla linea

$R_n = (\Omega)$

$X_n = (\Omega)$

$$I_{cc2_{min}} = \frac{U}{\sqrt{[(R_2 + R_n)^2 + (X_2 + X_n)^2]}} = (A)$$

Per la taratura ai fini magnetici dell'interruttore su quadro di distribuzione principale a protezione linea d'alimentazione si fa riferimento al valore  $I_{cc2_{min}}$ .

Il procedimento descritto, ai fini del calcolo della  $I_{cc_{min}}$  per il coordinamento magnetico protezione-linea, va ripetuto per ogni singola partenza dal quadro elettrico e per ogni sottoquadro aggiungendo i valori di resistenza e reattanza delle linee elettriche a valle utilizzando le formule sopraelencate.

**VERIFICA DEL P.D.I. DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE E CALCOLO DELLA  $I_{cc}$  PER LA SCELTA DEL P.D.I. DELLE APPARECCHIATURE DI PROTEZIONE**

Dopo aver raccolto i dati sulle caratteristiche elettriche dei trasformatori in cabina e sulle linee di distribuzione si calcola, partendo dalla cabina di trasformazione, la corrente di c.to c.to presunta su ogni quadro di distribuzione.

Tale corrente è valida ai fini della verifica del P.d.i. delle apparecchiature di protezione.

Le Norme CEI 64-8 parte 4 ammettono l'utilizzo di un dispositivo di protezione con P.d.i. inferiore se a monte è installato un altro dispositivo avente il necessario P.d.i.

In questo caso le caratteristiche dei due dispositivi devono essere coordinate in modo che l'energia che essi lasciano passare non superi quella che può essere sopportata senza danno dal dispositivo situato a valle e dalle condutture protette da questi dispositivi.

### Calcolo della Icc per la scelta del P.d.i. delle apparecchiature di protezione.

Per semplicità di calcolo e cautelativamente si trascura la reattanza equivalente della rete M.T. riferita al secondario del trasformatore.

$$S \text{ (KVA)} \quad V_{cc}\%$$

$$V1/V2 \text{ (V)} \quad P_{cc}\%$$

$$Z_t = \frac{V_{cc}\% \times V2^2}{100 \times S} = (\Omega)$$

$$R_t = \frac{P_{cc}\% \times V2^2}{100 \times S} = (\Omega)$$

$$X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} = (\Omega)$$

$$R1 = R_t = (\Omega)$$

$$X1 = X_t = (\Omega)$$

$$Z1 = Z_t = (\Omega)$$

$$I_{cc1} = \frac{V2}{\sqrt{3} \times Z1} = (A)$$

$$\text{tgp} = \frac{X1}{R1} \quad (\text{scelta del fattore di cresta})$$

$$I_{cc1max} = I_{cc1} \times \text{fattore di cresta} = (A)$$

Calcolo della Icc nel punto 2

Nel calcolo si trascurano, cautelativamente, la R e la X dell'interruttore di protezione.

Caratteristiche del cavo che alimenta il Q.E.G.

Formazione per sezione = (mmq)

Lunghezza = (m)

$$R_c = (\Omega) \quad R2 = R_t + R_c = (\Omega)$$

$$X_c = (\Omega) \quad X2 = X_t + X_c = (\Omega)$$

$$Z2 = \sqrt{R2^2 + X2^2} = (\Omega)$$

$$I_{cc2} = \frac{V2}{\sqrt{3} \times Z2} = (A)$$

Ai fini del calcolo della Icc per la scelta del P.d.i. delle apparecchiature di protezione, va ripetuto per ogni singolo quadro elettrico il presente procedimento.

VERIFICA DELLA CADUTA DI TENZIONE SU OGNI LINEA

La verifica della caduta di tensione viene effettuata tramite le seguenti formule:

sistema TRIFASE

$$\Delta u = \sqrt{3} \times I_x \times L_x (R_x \cos \varphi + X_x \sin \varphi)$$

sistema MONOFASE

$$\Delta u = 2 \times I_x \times L_x (R_x \cos \varphi + X_x \sin \varphi)$$

La caduta di tensione viene considerata come soddisfacente se è contenuta in ogni circuito entro il 4%.

La  $\Delta u$  deve quindi essere riportata percentualmente come segue:

$$\Delta u \% = \frac{\Delta u \times 100}{U}$$

## 6.0.0 Scelta dei componenti elettrici

### *SPECIFICHE TECNICHE DI CARATTERE GENERALE*

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici dovranno essere rispondenti alle relative norme CEI e tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistono, ed essere muniti del contrassegno del Marchio Italiano di Qualità (IMQ).

### *QUADRI DI DISTRIBUZIONE*

I quadri ed i centralini di distribuzione dovranno avere dimensioni atte a contenere tutte le apparecchiature previste con una riserva del 30%.

Dovranno assicurare la protezione contro i contatti con parti in tensione.

I quadri ed i centralini dovranno essere in materiale plastico autoestingente o in lamiera di acciaio verniciato con polveri epossidiche.

Gli apparecchi di manovra e protezione fissati alla struttura dei quadri e dei centralini, mediante apposito profilato DIN, dovranno essere contrassegnati singolarmente in modo da assicurare la facile individuazione del relativo circuito.

Sulle porte e pannelli frontali non dovranno essere fissate apparecchiature ad eccezione di strumenti, pulsanti e selettori.

Le apparecchiature dovranno essere contrassegnate, sui pannelli frontali, con targhette in plexiglas a dicitura incisa.

I conduttori dovranno essere saldamente fissati alla struttura dei quadri e dei centralini mediante fascette, le sbarre mediante appositi portasbarre e distanziatori.

Tutti i conduttori di entrata e uscita dai quadri e dai centralini dovranno far capo ad appositi morsetti di tipo componibile.

Tutti i morsetti dovranno essere contrassegnati da apposita numerazione.

### *MODULI FOTOVOLTAICI*

I moduli fotovoltaico devono essere scelti in modo da avere, compatibilmente con i costi, valori di efficienza pari a quelli attualmente in commercio della stessa tecnologia, al fine di minimizzare i costi proporzionali all'area dell'impianto.

Tipicamente per moduli al Silicio monocristallino il valore dell'efficienza si aggira attorno al 13 – 17 %, per quelli al policristallino attorno all'11 – 14 % mentre per le tecnologie basate sui film sottili (ad esempio, Silicio amorfo) vengono registrati valori più bassi dell'ordine del 5 – 10 %.

I moduli fotovoltaici devono avere caratteristiche elettriche, termiche e meccaniche verificate attraverso prove di tipo. A tal proposito lo standard qualitativo deve essere conforme alla Norma CEI EN 61215, per moduli al Silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile. Tale conformità deve essere dimostrata dall'esito di prove del tipo eseguite presso un laboratorio accreditato EA (European Accreditation Agreement) o che con EA abbia stabilito accordi di mutuo riconoscimento.

Inoltre i moduli fotovoltaici devono essere scelti in modo tale da rispondere anche a requisiti funzionali, strutturali ed architettonici richiesti dall'installazione stessa. Requisiti di tipo funzionali possono imporre l'uso, ad esempio, di moduli del tipo doppio vetro, retrocamera, bifacciali, tegola, con celle distanziate opportunamente, mentre requisiti di tipo strutturale possono imporre l'utilizzo, ad esempio, di vetri di sicurezza realizzati anche accoppiando più vetri fra loro. Per quanto riguarda invece i requisiti di tipo architettonico, questi possono imporre l'utilizzo di moduli di determinate dimensioni, colorazioni, aspetto e forme. A tale proposito, è da rilevare come l'uniformità di colore dei moduli a film sottile rispetto a quelli al Silicio cristallino li rende particolarmente graditi per alcuni inserimenti architettonici.

Ciascun modulo deve essere accompagnato da un foglio dati e da una targhetta in materiale duraturo, posto sopra il modulo fotovoltaico, che riporta le principali caratteristiche del modulo stesso, secondo la Norma CEI EN 50380.

### **Protezioni**

Ciascun modulo deve essere dotato di diodi di by-pass per garantire la continuità elettrica della stringa anche con danneggiamento e o ombreggiamenti di una o più celle. Nei moduli a film sottile, un diodo equivalente viene normalmente realizzato nella creazione del film. La conformità dei moduli alle Norme applicabili deve essere specificatamente certificata alla presenza di detti diodi. Nel caso in cui il modulo sia provvisto di cassetta di terminazioni, i diodi di by-pass potranno essere alloggiati nella scatola stessa. In caso contrario dovranno essere cablati all'esterno del modulo e opportunamente protetti.

La cassetta di terminazione, se presente, deve avere un grado di protezione IP65 a modulo installato e deve essere dotata di terminali elettrici di uscita con polarità opportunamente contrassegnate, coperchio con guarnizioni e viti e nonché fori equipaggiati con pressacavi per il cablaggio delle stringhe o attacchi rapidi fissi.

I moduli possono essere provvisti di cornice, tipicamente in alluminio, che oltre a facilitare le operazioni di montaggio e a permettere una migliore distribuzione degli sforzi sui bordi del vetro, costituisce una ulteriore barriera all'infiltrazione d'acqua.

### **Garanzia**

I moduli PV sono la parte più costosa dell'impianto di generazione, pertanto un aspetto molto importante riguarda la garanzia offerta dai costruttori dei moduli.

In generale il costruttore fornisce un certificato di garanzia che comprende la garanzia di prodotto e la garanzia di prestazioni. In esso il costruttore garantisce che i propri prodotti ottemperano alle relative specifiche tecniche e normative sulla qualità e che gli stessi sono di nuova fabbricazione.

Per garantire un'adeguata vita utile dell'impianto di generazione il costruttore deve garantire la qualità e le prestazioni dei moduli fotovoltaici di sua produzione, secondo le seguenti modalità e condizioni:

- Garanzia di prodotto: riguardante la garanzia contro difetti di fabbricazione e di materiale; questa deve coprire almeno due anni, secondo le disposizioni di legge, decorrenti dalla data di fornitura dei moduli PV di sua produzione e deve garantire contro eventuali difetti di materiale o di fabbricazione che possono impedirne il regolare funzionamento a condizioni corrette di uso, installazione e manutenzione.
- Garanzia di prestazioni: riguardante il decadimento delle prestazioni dei moduli; il costruttore deve garantire che la potenza erogata dal modulo, misurata alle condizioni standard, non sarà inferiore al 90% della potenza minima del modulo per almeno 10 anni e non inferiore all'80% per almeno 20anni.

Sono, in genere, esclusi dai diritti di garanzia, i danni e i guasti di funzionamento o di servizio dei moduli derivanti da:

- incidenti, uso su unità mobili o negligente, erroneo o inadeguato;
- mancato rispetto delle istruzioni d'installazione, uso e manutenzione;
- modifiche, installazioni o usi erronei o non effettuati da personale esperto.
- Danni cagionati da sovratensioni, scariche atmosferiche, allagamenti, piaghe, terremoti, azioni di terzi o qualsiasi altro motivo estraneo alle normali condizioni di funzionamento dei moduli.

Al fine della verifica del periodo di validità della garanzia, è opportuno che l'anno di fabbricazione dei moduli sia documentato in maniera inequivocabile. Al riguardo, inoltre, la Norma CEI EN 50380 prescrive che il numero di serie e il nome del costruttore siano apposti in modo indelebile e visibile sul modulo.

## INVERTER

Il gruppo di conversione della corrente della corrente continua in corrente alternata (o inverter) attua il condizionamento e il controllo della potenza trasferita. Esso deve essere idoneo al trasferimento della potenza del generatore PV alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. In particolare il gruppo deve essere rispondente alle Norme su EMC e alla direttiva BT. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del campo PV a cui è connesso, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete del distributore alla quale viene connesso. Il convertitore deve, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed essere in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico.

Tra i dati di targa, onde consentire il dimensionamento dell'impianto e la scelta dell'inverter più appropriato all'applicazione, dovrebbe figurare:

Lato generatore PV:

- Corrente nominale e corrente massima in c.c.
- Potenza nominale e potenza massima in c.c.
- Tensione nominale e massima tensione ammessa in c.c.
- Campo di variazione della tensione di MPPT in funzionamento normale

Lato rete c.a.:

- Potenza nominale in c.a. e potenza massima erogabile continuamente dal convertitore, nonché il campo di temperatura ambiente alla quale tale potenza può essere erogata.
- Corrente nominale e corrente massima erogata in c.a. (quest'ultimo dato consente di determinare "il contributo dell'impianto alla corrente di corto circuito")
- Distorsione e fattore di potenza (qualità dell'energia immessa in rete)
- Efficienza di picco e condizioni di ingresso/uscita a cui si ottiene la massima efficienza di conversione

- Efficienza a carico parziale (al 5%, 10%, 20%, 30%, 50%) e al 100% della potenza nominale del convertitore, così come per il cosiddetto “rendimento europeo” (in alternativa potrà essere fornito il diagramma di efficienza)

Nel caso in cui il generatore fotovoltaico sia gestito come sistema IT, è necessaria la separazione metallica tra campo PV e rete del distributore: in assenza di tale separazione (mancanza del trasformatore all'interno dell'inverter), i poli dell'inverter si troverebbero alternativamente al potenziale di fase o di neutro (cioè al potenziale di terra) dipendentemente dalla configurazione di accensione dei dispositivi semiconduttori.

Nel caso di sistema IT, se si rende necessario il controllo d'isolamento del campo fotovoltaico per rilevare il primo guasto a terra: questo può essere effettuato utilizzando dei relè di controllo d'isolamento che possono essere integrati negli inverter (talune volte forniti come accessorio opzionale), oppure degli analoghi dispositivi esterni.

L'inverter deve essere progettato in modo da evitare, così come nei quadri elettrici, che la condensa si formi nell'involucro IP65; questo in genere è garantito da una corretta progettazione delle distanze fra le schede elettroniche.

Gli inverter devono essere dotati di marcatura CE e pertanto, essendo composti da schede elettroniche con dispositivi a semiconduttore che commutano in continuazione ad alta frequenza, si presume che siano costruiti rispettando le norme che limitano le interferenze trasmesse come onde elettromagnetiche a valori prescritti.

## CAVI E CONDUTTORI

### **Lato c.c.**

La connessione elettrica tra moduli fotovoltaici deve avvenire tramite cavi (normalmente in classe d'isolamento II) terminati all'interno delle cassette di terminazione dei moduli oppure con connettori rapidi stagni collegati con altri già assemblati in fabbrica sulle cassette.

I connettori devono avere grado di protezione IP65 e realizzati, così come i cavi, con materiali resistenti ai raggi UV, per garantire il corretto funzionamento degli impianti fotovoltaici nel corso della vita utile. (25 anni)

Devono essere dimensionati in modo da limitare le cadute di tensione entro il 2%

I cavi 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 installazione di tubi, il cui collegamento al quadro elettrico e agli inverter avvenga garantendo il livello di protezione degli stessi.

La messa in opera dei cavi d'energia viene effettuata in modo da evitare, durante l'esercizio ordinario, eventuali azioni meccaniche sugli stessi.

### **Lato c.a.**

I conduttori dovranno essere di primaria marca e dotati di Marchio Italiano di Qualità

Tipo e sezione sono indicati nei disegni allegati.

I conduttori dovranno essere in rame flessibile unipolari isolati in gomma o PVC del tipo N07V-K per la posa entro tubazioni o canali di plastica, in cavo del tipo FG7 o N1VV-K per posa entro tubazioni o canaline metalliche.

I conduttori e i cavi sono a Norma CEI 20-22 di tipo non propagante l'incendio.

Le sezioni minime non dovranno essere inferiori a quelle come qui di seguito specificato:

Conduttori attivi (escluso il neutro).

1,5 mm<sup>2</sup> (rame) per i circuiti di potenza ad installazione fissa;

0,5 mm<sup>2</sup> (rame) per i circuiti di comando e di segnalazione ad installazione fissa;

0,1 mm<sup>2</sup> (rame) per i circuiti di comando e di segnalazione ad installazione fissa destinati ad apparecchiature elettroniche.

*Conduttore neutro.*

Stessa sezione del conduttore di fase in tutti i circuiti monofase a due fili e nei circuiti polifase fino alla sezione di 16 mm<sup>2</sup> in rame o di 25 mm<sup>2</sup> in alluminio; oltre la sezione di 16 mm<sup>2</sup> in rame o di 25 mm<sup>2</sup> in alluminio, il conduttore di neutro può avere sezione inferiore alla fase purché vengano rispettate le condizioni di cui in 524.3 norma CEI 64-8.

*Conduttore protezione (art. 543.1 CEI 64-8).*

Stessa sezione del conduttore attivo fino alla sezione di 16mm<sup>2</sup>; 16mm<sup>2</sup> per sezioni del conduttore attivo comprese tra 16 e 35mm<sup>2</sup>; per sezioni del conduttore attivo oltre 35mm<sup>2</sup>, il conduttore di protezione relativo deve essere di metà sezione.

Se il conduttore di protezione non fa parte dello stesso cavo e dello stesso tubo dei conduttori attivi, la sezione minima dovrà essere:

- 2,5 mm<sup>2</sup> (rame) se protetto meccanicamente.

- 4 mm<sup>2</sup> (rame) se non protetto meccanicamente.

*Conduttore di terra (art. 542.3 CEI 64-8).*

In base all'art. 543.1 della norma CEI 64-8, se protetto meccanicamente e contro la corrosione: valgono, quindi, le sezioni minime per il conduttore di protezione; minimo 16 mm<sup>2</sup> in rame o in ferro se non protetto meccanicamente, ma protetto contro la corrosione; minimo 25 mm<sup>2</sup> in rame o 50mm<sup>2</sup> in ferro se non protetto né meccanicamente, né contro la corrosione.

*Conduttori equipotenziali principali (art. 547.1.1 CEI 64-8).*

6 mm<sup>2</sup> (rame).

Conduttori equipotenziali supplementari (art. 547.1.2 CEI 64-8).

Fra massa e massa, maggiore o uguale alla sezione del conduttore di protezione minore; fra massa e massa estranea (tubazione metalliche idriche, gas, riscaldamento, ecc...), sezione uguale alla metà del corrispondente conduttore di protezione.

SEZIONE CONDUTTORE DI FASE Sf	SEZIONE CONDUTTORE DI PROTEZIONE Sp
$Sf \leq 16 \text{ mm}^2$ $16 < Sf \leq 35 \text{ mm}^2$ $Sf > 35 \text{ mm}^2$	$Sp = Sf$ $Sp = 16 \text{ mm}^2$ $Sp = \frac{1}{2} Sf$

(per le sezioni dei conduttori di protezione PE di ogni singola linea vedi schemi quadri elettrici)

SEZIONE CONDUTTORE DI PROTEZIONE Sp (la più elevata dell'impianto)	SEZIONE CONDUTTORE EQUIPOTENZIALE Seq
$Sp \leq 10 \text{ mm}^2$ $16 \text{ mm}^2 < Sp \leq 50 \text{ mm}^2$ $Sp > 70 \text{ mm}^2$	$Seq = 6 \text{ mm}^2$ $Seq = \frac{1}{2} Sp$ $Seq = 25 \text{ mm}^2$

Sarà comunque verificato in modo scrupoloso dalla ditta appaltatrice che tutte le parti conduttrici, che possano diventare motivo di contatti indiretti, siano collegate all'impianto di terra.

### CASSETTE DI DERIVAZIONE

Dovranno essere largamente dimensionate in modo da rendere facile e sicura la manutenzione.

Quelle da incasso per pareti in muratura saranno in polistirolo antiurto arancio con coperchio in urea bianco fissato con viti, mentre quelle da parete per posa in vista in lega leggera o PVC pesante con coperchio fissato con viti.

Non è ammesso collegare o far transitare nella stessa cassetta conduttori anche alla stessa tensione, ma appartenenti ad impianti diversi.

Nel caso in cui i conduttori di circuiti diversi dovessero transitare entro un'unica cassetta dovranno essere separati con appositi setti isolanti.

Sul fondo del coperchio di tutte le cassette sarà applicato un contrassegno per indicare a quale impianto appartiene e precisare le linee che l'attraversano.

Le giunzioni dovranno essere eseguite con morsetti a mantello e i conduttori dovranno essere siglati.

### TUBAZIONI

Le tubazioni rigide e flessibili dovranno essere munite del IMQ, dovranno essere di dimensioni normalizzate (tabelle UNEL 38118/37112) ed avere una volta in opera comportamento autoestinguente.

Il diametro interno delle tubazioni deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che esse sono destinate a contenere, con un minimo di 10 mm.

Comunque le tubazioni dovranno avere una sezione tale da permettere sempre la sfilabilità e reinfilabilità dei conduttori.

Nella posa delle tubazioni si dovrà prestare particolare cura nell'esecuzione delle curve e delle giunzioni con le cassette di derivazione per evitare possibili danneggiamenti all'isolamento dei conduttori durante la posa.

#### ***Tubo in PVC flessibile corrugato***

Negli ambienti normali per i tratti a parete e soffitto dovrà essere installato tubo flessibile corrugato leggero, per i tratti a pavimento tubo flessibile pesante.

Il tubo flessibile leggero dovrà rispondere alle norme CEI n.23-25 avere un'elevata flessibilità, resistenza allo schiacciamento maggiore di 320 N/5 cm e resistenza elettrica di isolamento maggiore di 100 Mohm.

Il tubo flessibile pesante dovrà avere un'elevata flessibilità resistenza allo schiacciamento maggiore di 1250 N/5 cm, e resistenza elettrica di isolamento superiore a 100 Mohm.

#### ***Tubo in acciaio zincato***

Negli ambienti, dove le caratteristiche edili delle strutture non permettono l'esecuzione di tracce dovrà essere installato, a parete o soffitto tubo in acciaio zincato o in PVC pesante a pareti lisce, fissato con appositi collari.

Il tubo sopraccitato dovrà rispondere alle Norme CEI 23-28, ed essere del tipo per installazione rapida con giunti ad innesto muniti di guarnizione.

## 7.0.0 Descrizione sommaria degli impianti elettrici

Il generatore fotovoltaico che l'utente intende installare presenta una potenza di picco pari a **189000 Wp (189 kWp)**; l'intero impianto è composto quindi da n. 756 moduli fotovoltaici installati in maniera complanare alla struttura di shed fissi rivolti verso SUD.

I moduli sono costituiti da celle solari in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS e presentano i seguenti dati tecnici:

Potenza di picco	250 Wp
Tensione a vuoto	37,8 V
Tensione nel punto di massima potenza	31,38 V
Corrente di corto circuito	8,52 A
Corrente nel punto di massima potenza	8,01 A
Dimensione del modulo	1645x990x46mm

I moduli fotovoltaici vengono installati sulla copertura dell'involucro edilizio del fabbricato senza compromettere le caratteristiche funzionali dello stesso né dell'impianto fotovoltaico e pertanto rientrano nella categoria di impianti fotovoltaici installati **"su edifici"**.

Questo significa che, dal punto di vista estetico, il sistema fotovoltaico si deve inserire armoniosamente nel disegno architettonico dell'edificio.

I moduli fotovoltaici vengono installati sulla copertura dell'edificio mediante appositi organi di fissaggio che provvedono all'adeguato ancoraggio alla copertura.

L'ubicazione dei moduli, delle condutture elettriche, degli inverter, dei quadri ed altri eventuali apparati dovrà sempre consentire il corretto funzionamento e la manutenzione di eventuali evacuatori di fumo e di calore (EFC) se presenti.

Nello studio del posizionamento dei moduli si deve tener conto degli ombreggiamenti di eventuali ostacoli prevedibili al fine di evitare una riduzione dell'irraggiamento sul campo fotovoltaico ed evitare fenomeni di dissimetria nei moduli e tra le stringhe (perdite per mismatch). Nel caso in esame non sono presenti ostacoli in grado di proiettare le loro ombre sul campo fotovoltaico durante la giornata.

I moduli fotovoltaici vengono installati su file parallele distanziate tra loro in modo tale da minimizzare l'ombra che ogni fila genera sulla successiva adottando tra le file una distanza minima "D" calcolata dalla relazione:

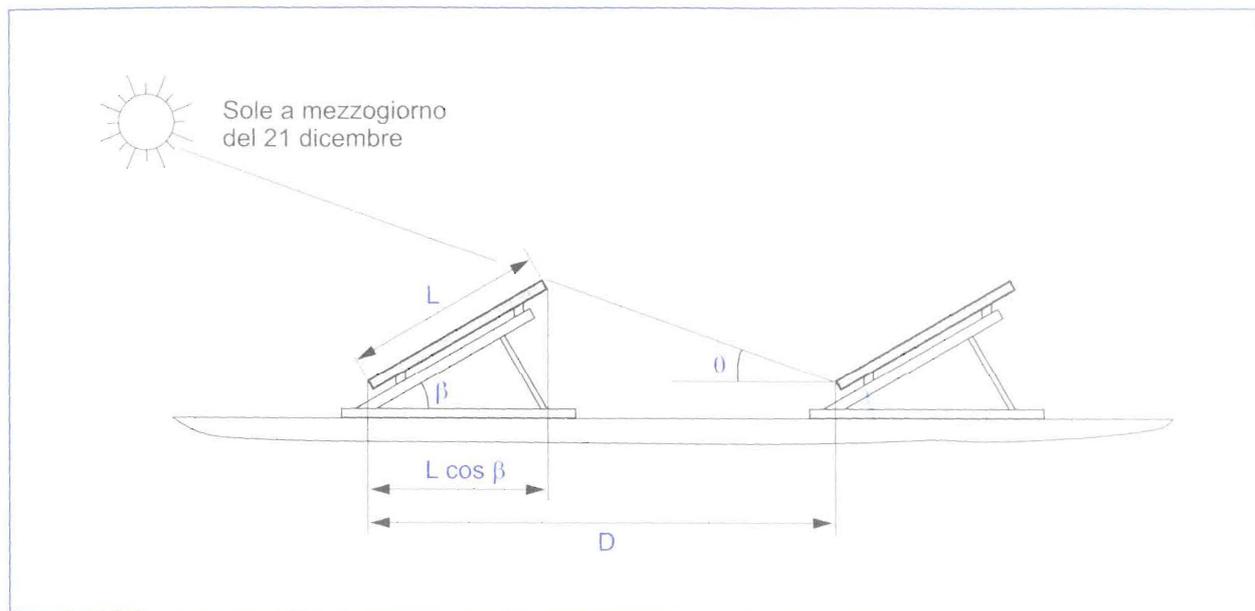
$$D = L \cos \beta ( 1 + \tan \beta / \tan \theta )$$

Dove:

L: lunghezza del modulo

$\beta$ : inclinazione del modulo sull'orizzontale

$\theta$ : elevazione del sole sull'orizzonte a mezzogiorno del 21 dicembre ( $\theta = 90^\circ - 23,5 - \text{latitudine del sito}$ )



Distanza  $D$  tra schiere di moduli tale da evitare l'ombra a mezzogiorno del 21 dicembre (solstizio invernale)

I pannelli fotovoltaici sono dotati di scatola di giunzione stagna e non apribile; in uscita dalla scatola sono collegati i cavi di lunghezza opportuna, terminati con spine di tipo MULTI-CONTACT. I collegamenti elettrici della singola stringa sono realizzati utilizzando questi stessi cavi, già in dotazione ai pannelli fotovoltaici.

Nella fase progettuale occorre suddividere i moduli fotovoltaici in una o più stringhe di moduli collegati in serie in maniera tale da ottenere tra l'inverter e i moduli stessi la migliore combinazione al fine di ottenere la maggior efficienza possibile del campo fotovoltaico.

L'impianto in oggetto è costituito da un totale di n.36 stringhe di pannelli fotovoltaici così suddivise:

- n.6 stringhe composte da n.21 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS a servizio dell'INVERTER A.
- n.6 stringhe composte da n.21 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS a servizio dell'INVERTER B.
- n.6 stringhe composte da n.21 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS a servizio dell'INVERTER C.
- n.6 stringhe composte da n.21 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS a servizio dell'INVERTER D.
- n.6 stringhe composte da n.21 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS a servizio dell'INVERTER E.
- n.6 stringhe composte da n.21 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS a servizio dell'INVERTER F.

I cavi e i connettori per il collegamento in serie dei moduli fotovoltaici per formare le stringhe di moduli devono presentare un isolamento verso terra e verso altri cavi superiore alla massima tensione di esercizio e presentare materiali di isolamento adeguati per impianti solari adeguati ad installazioni in condizioni atmosferiche estreme (alta e bassa

temperatura), con elevata resistenza ad olii, abrasione, ozono e raggi UV, antifiama e resistente alle azioni meccaniche.

I cavi di collegamento dei pannelli fotovoltaici all'inverter per la conversione della corrente elettrica vengono comunque posati all'interno di canale con coperchio fissata sulla copertura stessa o a parete e/o tubazione rigida e/o guaina di pvc e/o tubazione taz fissato a parete.

I moduli fotovoltaici (FV) alimentano le utenze e/o la rete elettrica grazie alla presenza di uno o più inverter, dispositivo elettronico/statico che converte la corrente continua in corrente alternata.

Nel caso in esame si è scelta la configurazione con più inverter ognuno dei quali completo di dispositivi di sezionamento corrente continua, protezione corrente inversa di stringa (fusibili) e protezione delle scariche atmosferiche eventualmente indotte sul generatore implementate direttamente all'interno dei convertitori statici; il collegamento e la scelta del numero di moduli fotovoltaici in ingresso in ciascun inverter sono stati stabiliti in base alla giusta configurazione tra i dati elettrici dei pannelli e i dati di ingresso degli inverter.

I convertitori statici che convertono l'energia elettrica sono n.6 in totale e vengono installati a parete all'interno di apposito locale tecnico costituito appositamente in copertura.

I componenti costituenti l'impianto fotovoltaico sono stati posizionati all'esterno della compartimentazione antincendio ma comunque è stata prevista l'installazione del pulsante di sgancio generale a servizio dell'impianto elettrico generale, del gruppo elettrogeno e dell'impianto fotovoltaico sul lato corrente alternata.

Gli inverter sono inoltre sprovvisti del trasformatore in grado di garantire la separazione galvanica tra il lato corrente continua (DC) e il lato corrente alternata (DC); pertanto in uscita dagli stessi è comunque necessario installare un dispositivo differenziale di in grado di sconnettere il circuito in caso di eventuale immissione sul lato A.C. di componenti di C.C.

**N.6 Inverter:** per la conversione della corrente elettrica prodotta dai 756 moduli fotovoltaici in silicio policristallino  
 Marca:SUNERG Modello: XP 60/156 I PLUS

*Dati d'ingresso:*

Potenza CC max	28600 Wp
Tensione CC max	1000 V
Range di tensione MPPT	500V - 800V
Corrente di ingresso massima	32A x2 MPPT

*Dati d'uscita:*

Potenza CA nominale	27600 Wp
Potenza CA max	30000 Wp
Corrente max d'uscita	45 A
Tensione nominale CA	400 V
Frequenza nominale	50 Hz
Fattore di potenza	>0,995
Marca	ABB
Tipo	TRIO 27.6-TL-OUTD-S2X-400
Grado di rendimento max	98 %
Grado di rendimento EU	98 %

Le linee elettriche in corrente alternata (a valle dell'inverter) sono in cavo a doppio isolamento (RG7OCR o FG7OR) non propagante l'incendio a Norme CEI 20-22 avente sezione coordinata alla protezione magnetotermica.

Per il dimensionamento delle linee elettriche sono state utilizzate le tabelle delle Norme CEI-UNEL 35024/1 per posa in aria e CEI-UNEL 35026 per posa interrata.

In apposito spazio sulla copertura viene posizionato il Q.E. INVERTER dove sono installati i dispositivi magnetotermici a protezione delle singole linee elettriche d'alimentazione e sul quale sono collegati in parallelo gli inverter. Sul quadro è installato anche il dispositivo di interfaccia DDI costituito da un contattore comandato dal sistema di protezione interfaccia SPI presente sul quadro "Q.E. SERVIZI CABINA E ILLUMINAZIONE ESTERNA "Q.02" ubicato in cabina elettrica. Dal quadro Q.E. INVERTER viene distribuita la linea elettrica al nuovo contatore per il conteggio dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico e da questi l'energia elettrica viene distribuita all'attività tramite l'allaccio all'esistente impianto elettrico sul quadro elettrico generale denominato Q.E. POWER CENTER "Q.01" presente all'interno della cabina elettrica.

Sul quadro di bassa tensione, come richiesto per potenze superiori a 6kW, viene installato un **il sistema di protezione interfaccia** con il compito di scollegare, entro il tempo richiesto, il generatore fotovoltaico quando i parametri elettrici (tensione massima e minima, frequenza minima e massima) non sono all'interno delle soglie prescritte dalla Norma CEI 0-16. Essendo la potenza dell'impianto fotovoltaico superiore a 30kW, ed il punto di consegna in Media Tensione occorre che i riferimenti dei parametri elettrici siano rilevati sul lato Media Tensione come richiesto dalla Norma CEI 0-16 (tramite TV).

Dal quadro Q.E. POWER CENTER “Q.01” l’energia non utilizzata viene scambiata con la rete elettrica mediante il punto di consegna dell’energia elettrica (contatore).

In prossimità del punto di consegna dell’energia elettrica, in MT, da parte dell’ente distributore è presente il dispositivo di protezione generale esistente che si ritiene conforme alle Leggi e alle regole tecniche vigenti.

#### ***Impianto di terra ed equipotenziale***

La messa a terra degli scaricatori di sovratensione e delle masse metalliche è realizzata tramite conduttori G/V del tipo N07VK della sezione minima di 6 mmq, collegati ai nodi equipotenziali di terra costituiti in prossimità del quadro inverter.

Ciascun nodo equipotenziale deve essere collegato direttamente all’impianto disperdente tramite conduttore tipo N07VK della sezione minima di 35 mmq.

#### ***Protezione scariche atmosferiche***

La normativa attualmente in vigore sulla protezione contro i fulmini, costituita dalle norme CEI EN 62305-1/4 prevede il calcolo del rischio complessivo derivante dagli effetti delle scariche atmosferiche che si abbattano sulla struttura, nell’intorno di essa e sulle linee e servizi ad essa collegati.

Le 4 componenti di rischio previste dalla norma CEI EN 62305-2 sono: perdita di vite umane (R1), perdita di servizio pubblico (R2), perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3), perdita economica (R4).

La struttura, per via della sua conformazione e della destinazione d’uso, presenta le componenti R1 e R4.

Si rimanda alla specifica documentazione della “valutazione del rischio di fulminazione dell’intero edificio in cui sono inseriti i locali a servizio dell’unità immobiliare servita dall’impianto fotovoltaico”.

Ai fini cautelativi si raccomanda di prevedere una disposizione dei moduli e dei circuiti di collegamento in grado di ridurre al minimo l’ampiezza dell’area circoscritta dai circuiti stessi, in modo da ridurre gli accoppiamenti induttivi con i campi elettromagnetici generati da scariche atmosferiche.

Si andranno comunque ad installare dispositivi di protezione indiretta (scaricatori di sovratensione) da scariche atmosferiche per la salvaguardia dei componenti elettronici (inverter).

### 8.0.0 Piano di manutenzione

Il piano di manutenzione consiste in verifiche periodiche da effettuarsi con una cadenza di 6 mesi, salvo condizioni particolari.

In dette verifiche, si dovrà procedere con i seguenti esami:

1. Verifica dello stato di usura della costruzione e del buon fissaggio dei moduli fotovoltaici alla stessa.
2. Ispezione visiva dei moduli fotovoltaici per accertarsi di eventuali delaminazioni, danneggiamenti o accumulo sui vetri di copertura.
3. Controllo delle cassette di terminazione dei moduli FV al fine di accertare: deformazioni, presenza di umidità interna, stato dei contatti elettrici e dei diodi di by-pass, corretto serraggio dei morsetti.
4. Controllo delle parti elettriche, della segnalazione di eventuali guasti sugli inverter, dello stato degli interruttori e delle protezioni.
5. Per le operazioni di controllo e manutenzione sugli inverter, si deve far riferimento al relativo manuale di uso e manutenzione.
6. Controllo dello stato delle cassette di derivazione. Una volta all'anno le cassette andranno aperte per verificare che i cavi e le giunzioni siano in ordine e che non vi siano ristagni di acqua.
7. Controllo di cavi e cavidotti interni ed esterni.

## 9.0.0 Verifiche, prove e collaudo dell'impianto

### *Materiali*

I materiali e/o apparecchiature costituenti l'impianto saranno verificati preventivamente controllando che essi siano progettati, costruiti e sottoposti alle prove previste nelle norme e ad alle prescrizioni di riferimento.

In particolare il collaudo dei materiali sarà del tipo:

- visivo-meccanico, prima dell'inizio dei lavori di montaggio, per accertare eventuali rotture o danneggiamenti dovuti al trasporto, e ad ultimazione dei lavori per accertarne l'integrità e/o eventuali danneggiamenti o esecuzioni a non perfetta regola d'arte;
- elettrico-funzionale, da effettuarsi mediante misuratori d'isolamento, multimetri e pinze amperometriche per accertare che le fasi di trasporto e posa in opera non abbiano alterato le caratteristiche di collaudo effettuato in fabbrica e/o presso il costruttore.

Durante l'esecuzione dei lavori la Committente, si riserva di effettuare ispezioni e prove (eventualmente presso Enti o Istituti riconosciuti) al fine di verificare che la fornitura dei materiali e/o le opere eseguite corrispondano alle prescrizioni contrattuali.

### *Impianti*

*Il collaudo degli impianti comporta le seguenti prove e verifiche da effettuare nell'ordine sotto indicato:*

- esame a vista per accertare la rispondenza degli impianti e dei componenti alle norme, alla documentazione di riferimento e al progetto;
- verifica della continuità elettrica dei conduttori di messa a terra;
- misura della resistenza d'isolamento dei circuiti;
- verifica della corretta scelta e taratura dei dispositivi di protezione;
- verifica del grado di protezione dei componenti messi assieme;
- verifica e controllo dei collegamenti per tutte le apparecchiature secondo gli schemi;
- verifica funzionale e prestazionale per accertare che l'impianto, i componenti, i comandi, i blocchi, i meccanismi, ecc., funzionino correttamente;
- messa in servizio e verifica che l'impianto e i suoi componenti lavorino nel complesso secondo le rispettive di progetto;

### *Montaggi*

I montaggi delle opere meccaniche e delle opere elettriche dovranno essere eseguiti a "perfetta regola d'arte".

### **10.0.0 Garanzie**

Dalla data del certificato di ultimazione dei lavori l'Aggiudicatario sarà garante delle opere eseguite fino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, il certificato di regolare esecuzione o collaudo e sia terminato il periodo di garanzia non inferiore ad anni 2 (due) decorrente dalla data del certificato di regolare esecuzione o collaudo.

Per il tempo di cui sopra l'Appaltatore sarà obbligato alla manutenzione gratuita di tutte le opere da lui effettuate e quindi a sostituire i materiali che si mostrassero non rispondenti alle prescrizioni contrattuali ed a riparare tutti i guasti o i degradi che si verificassero, anche se risultanti dipendenti dall'uso, purché corretto, delle opere.

### **11.0.0 Allegati e conclusioni**

#### **ALLEGATI**

##### **Elaborati grafici degli impianti elettrici.**

Per gli impianti elettrici fissi, sono stati predisposti schemi unifilari e piante con la disposizione delle apparecchiature elettriche.

A fine lavori ogni quadro elettrico dovrà contenere, al suo interno, il relativo schema elettrico con indicati i circuiti, la taratura dei dispositivi di protezione e, possibilmente, la sezione dei conduttori in uscita dal quadro stesso. Si dovranno predisporre, inoltre, apposite targhette, una per ogni organo di manovra e protezione, indicante la parte di impianto servita dal circuito da esso protetto, sezionabile e comandabile.

Ogni quadro elettrico dovrà essere contrassegnato da un'apposita targhetta indicante i dati nominali dell'apparecchiatura, nonché il nome o marchio del costruttore, il numero di disegno e la descrizione; dovrà essere inoltre realizzato, cablato e collaudato ai sensi della norma CEI EN 61439-1 (CEI 17-113) e CEI 64-8.

In particolare per l'attività in esame sono stati prodotti i seguenti elaborati grafici:

Elaborato 035-14-FTV-PL01: Pianta ubicazione apparecchiature IMPIANTO FOTOVOLTAICO.

Elaborato 035-14-FTV-SC01: Schema elettrico multifilare.

## 11.0.0 CONCLUSIONI

Dopo aver eseguito l'impianti fotovoltaico in considerazione di quanto indicato nella presente relazione tecnica e nei suoi allegati progettuali si dovranno eseguire le opportune verifiche a vista e strumentali prescritte dalla Norma CEI 64-8 parte 6 al fine di controllare il funzionamento delle apparecchiature assicurando in generale gli aspetti di sicurezza richiesti per gli impianti elettrici.

Si ricorda che l'articolo 3 della D.M. 22 gennaio 2008, n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" stabilisce che sono abilitate all'installazione, alla trasformazione, all'ampliamento e alla manutenzione degli impianti, tutte le imprese, singole o associate, regolarmente iscritte nel registro delle imprese di cui al decreto del Presidente della Repubblica 7 dicembre 1995, n. 581 e successive modificazioni, o nell'Albo provinciale delle imprese artigiane di cui alla legge 8 agosto 1985, n. 443, se l'imprenditore individuale o il legale rappresentante ovvero il responsabile tecnico da essi preposto con atto formale, e' in possesso dei requisiti professionali descritti all'articolo 4 del decreto.

L'esercizio delle attività previste dalla D.M. 22/01/2008, n. 37 è subordinato al possesso dei requisiti tecnici professionali da parte dell'impresa o di un suo responsabile tecnico preposto che abbia tali requisiti. (articolo 3, D.M. 22/01/2008, n. 37)

Il **committente** o il proprietario è tenuto ad affidare i lavori in precedenza citati ad imprese abilitate ai sensi dell'articolo 3 sopraccitato.

Al termine dei lavori l'impresa installatrice è tenuta a rilasciare al committente la **dichiarazione di conformità** dell'impianto elettrico (articolo 11, D.M. 22/01/2008, n. 37) la quale dovrà essere allegata alla presente relazione tecnica e consegnata agli enti preposti.

**San Martino Buon Albergo (VR), novembre 2015**

**Il Consulente Tecnico**

per. ind. *Andrea Toni*

