



REGIONE SICILIANA COMUNE DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO

PROVINCIA REGIONALE DI TRAPANI

Settore III - L.L.P.P. e Manutentivi



Oggetto: “Riqualificazione dell'UTC Buccellato, intervento mirato all' installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile, efficientamento energetico, riduzione di consumi di energia primaria e installazione di sistemi intelligenti di telecontrollo, regolazione, gestione, monitoraggio e ottimizzazione dei consumi energetici (smart buildings)”

- Progetto a valere sull'Asse Prioritario 4 - Energia Sostenibile e Qualità della Vita” del PO FESR Sicilia 2014/2020
cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), linea d'intervento Azione 4.1.1



Progetto Esecutivo

IER - 03 - REV.1

IER - 03 - Relazione tecnica Impianto Fotovoltaico

28.06.2023



1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto l'esecuzione dei lavori occorrenti per l'installazione di un impianto fotovoltaico nell'ambito della riqualificazione energetica dell'ufficio tecnico presso Castellamare del Golfo (TP).

La scelta dell'applicazione della tecnologia fotovoltaica è stata dettata principalmente dalle seguenti motivazioni:

- produzione di energia elettrica senza nessuna emissione di sostanze inquinanti;
- risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico.

Il presente documento fornisce le descrizioni tecniche sia per quanto riguarda le strutture e i materiali per la realizzazione dell'impianto in oggetto sia le connessioni elettriche tra i vari elementi costituenti l'impianto stesso.

Nella scelta dei materiali non univocamente specificati si precisa che:

- tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici sono adatti all'ambiente in cui sono installati e devono essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche dovute all'umidità, alle quali possono essere esposte durante l'esercizio;
- tutti i materiali per l'esecuzione delle opere previste devono avere caratteristiche e dimensioni tali da rispondere alle Norme CEI ed alle tabelle CEI-UNEL attualmente in vigore;
- in particolare i materiali e gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del Marchio di Qualità devono essere muniti del contrassegno I.M.Q., o marchio di qualità equivalente.

Si ricorda che gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come previsto dalla Legge n.186 del 1/03/1968 e ribadito dalla Decreto n. 37 del 22/01/2008 Regolamento di attuazione della Legge n. 248 02/12/2005.

3 Normativa tecnica di riferimento

- Legge 186/68 Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- D.M. 37/08 Regolamento di attuazione della legge n.248 del 02/12/2005.
- Dm 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare 4 luglio 1996 Istruzioni per l'applicazione delle "norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.
- CEI 20-19 Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- CEI 20-20 Cavi isolati con PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V.
- 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 81-10 Protezione contro i fulmini.
- CEI 81-3 Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.
- CEI 81-10 Parte 2 Valutazione del rischio.
- CEI EN 60099-1-2 Scaricatori.
- 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 61215 Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.

- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione.
- Guida Per le Connessioni alla Rete Elettrica di Enel distribuzione Ed. 2.1.

4 Descrizione del sistema

L'impianto sarà installato sulla copertura dell'ufficio tecnico di Castellamare.

Il Generatore Fotovoltaico, è costituito in totale da 49 moduli Vitovolt 300 P270 o similari di potenza pari a 380 Wp, aventi azimuth 0° e un'inclinazione tilt di circa 0° rispetto all'orizzontale.

Tali moduli sono suddivisi in 2 campi in base alla suddivisione elettrica:

- Campo A (falda A), 2 stringhe formate da 28 moduli;
- Campo B (falda B), 2 stringhe formate da 21 moduli

per una potenza totale in continua di 18,62 kWp.

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione risulta composto dai seguenti elementi:

- Moduli fotovoltaici (FV);
- Strutture di sostegno;
- Stringhe e Quadro di Parallelo Stringa;
- Convertitore CC/AC;
- Cavi di cablaggio.

4.1 Moduli fotovoltaici

Nel seguente progetto sono stati utilizzati dei moduli fotovoltaici in silicio monocristallino resistenti alla nebbia salina e all'ammoniaca indicati per l'utilizzo in zone costiere:

- n° 49 moduli

Il generatore fotovoltaico risulta così configurato:

FALDA TETTO	INVERTER	N° MODULI	MPPT 1	MPPT 2	POTENZA [W]
CAMPO A	STP 10000 TL	28	2X14	2X14	10260
CAMPO B	STP 8000 TL	21	1X10	1x11	8370
		49			18630

Con le seguenti caratteristiche dei moduli in condizioni standard (AM=1,5; E=1000 W/mq, T=25°C):

- Caratteristiche costruttive
 - modulo fotovoltaico in silicio monocristallino, struttura in alluminio anodizzato resistente alla torsione, telaio in vetro con carichi resistenti fino a 475 kg/m² e trattamento antiriflesso della superficie. Scatola di connessione con 3 diodi di by-pass IP 67 secondo la IEC 62790, completa di cavo solare da 4 mm² e accoppiatori multicontact per cavo solare. Il pannello deve garantire una temperatura di esercizio tra -40°C e + 85°C, ed una tensione massima di sistema pari a 1000V

4.2 Strutture di sostegno

Per struttura di sostegno di un generatore fotovoltaico si intende un sistema costituito zavorre in calcestruzzo, in grado di sostenere e ancorare al suolo una struttura edile raggruppante un insieme di moduli fotovoltaici, nonché di ottimizzare l'esposizione di quest'ultimi nei confronti della radiazione solare.

4.3 Stringhe e quadro di parallelo stringa

Il generatore fotovoltaico della potenza di picco pari a 18,63 kWp risulta suddiviso in 2 campi denominati "A", "B".

E' conveniente precisare che le caratteristiche elettriche delle stringhe dipendono ovviamente dalla temperatura alla quale i moduli si trovano ad operare. Infatti si verifica che il massimo valore della tensione a vuoto di ciascun modulo si ottiene

in corrispondenza della temperatura minima ipotizzabile di funzionamento, mentre per temperature maggiori si hanno tensioni che progressivamente decrescono.

Per il dimensionamento elettrico abbiamo quindi assunto i seguenti limiti termici di funzionamento, tenendo conto del sito in oggetto e includendo ovviamente un certo margine di sicurezza:

- Temperatura minima di esercizio del modulo (T_{min}) - 5°C
- Temperatura massima di esercizio del modulo (T_{max}): + 70°C

Le stringhe sono connesse ai rispettivi Quadri di Parallelo Stringa, all'interno dei quali sono installati dei sezionatori fusibili in corrente continua per ogni stringa, al fine di poter sezionare ogni singola stringa dal resto del generatore. I sezionatori possono risultare utili durante le opere di manutenzione, oppure nel caso in cui sia necessario scollegare una stringa interessata da un guasto.

Inoltre, per salvaguardare il lato in corrente continua del convertitore cc/ca, è necessario inserire opportuni scaricatori di sovratensione (SPD) di classe II collegati rispettivamente tra positivo (+) e terra e tra negativo (-) e terra di ogni stringa.

Per il dimensionamento degli elementi e le connessioni elettriche si rimanda allo schema elettrico allegato.

4.4 Convertitore cc/ac

A valle dei Quadri di Parallelo Stringa sono installati gli Inverter come mostrato nello schema elettrico allegato. Nel seguente progetto sono stati considerati 2 inverter del tipo:

Campo	Inverter	Marca	Modello
A	I	SMA	STP 10000 TL
B	II	SMA	STP 8000 TL

Il sistema di conversione cc/ac è composto dall'inverter monofase certificato CEI 0-21 . L'inverter è costituito da un sistema di conversione DC/AC costituito da IGBT con integrato un sistema di protezione contro l'inversione di polarità e fattore di distorsione <3,5%

Caratteristiche tecniche degli inverter:

	SMA "STP 10000 TL" o similari
Dati d'ingresso	
Range di tensione	70 –480 V
Tensione CC _{max}	800 V
Mppt	2
Dati di uscita	
Frequenza di uscita	50 Hz
Potenza nominale	10000 W
Potenza massima	10200 W
Corrente nominale	16 A
Rendimento	
Massimo	>98,1 %
Europeo	>97,7 %
Dati Meccanici	
Protezione	IP65

Riprendendo le caratteristiche elettriche delle stringhe di ogni campo elencate precedentemente, risultano pienamente soddisfatte le seguenti relazioni:

- Massima tensione a vuoto di stringa < Massima tensione in ingresso inverter
- Massima tensione di stringa < Massima tensione della finestra MPPT;
- Minima tensione di stringa > Minima tensione della finestra MPPT.

La prima delle tre relazioni stabilisce che la tensione massima di stringa non superi mai la tensione massima ammissibile all'ingresso dell'inverter, mentre la seconda e la terza assicurano che la tensione di stringa non esca al di fuori dei limiti operativi richiesti dall'inseguitore MPPT per la migliore gestione della potenza estratta dal generatore fotovoltaico.

L'inverter è installato all'esterno in prossimità del campo fotovoltaico.

4.5 Dispositivi di protezione lato corrente alternata

All'interno di questo quadro sono presenti:

- Sistema di Protezione d'interfaccia (SPI): relè di frequenza e di tensione, conforme alla GUIDA PER LE CONNESSIONI ALLA RETE ELETTRICA DI ENEL DISTRIBUZIONE ed alla CEI 0-21 con la funzione di escludere l'inverter a tutela degli impianti ENEL e del cliente produttore in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete durante il regime di parallelo;
- Dispositivo d'interfaccia (DDI): organo di interruzione installato nel punto di collegamento della rete in isola alla restante parte della rete del cliente produttore sulla quale agiscono le protezioni d'interfaccia.

Tale sistema di protezione interfaccia (SPI) e il dispositivo d'interfaccia (DDI) si prevede d'installarli in un quadro subito a valle dell'inverter posizionato presso l'ingresso dell'edificio.

4.6 Dispositivo Di Interfaccia (DDI)

Per separare la rete di distribuzione ordinaria da quella alimentata dal generatore fotovoltaico viene installato un interruttore automatico con sganciatore di apertura a mancanza di tensione, su cui agisce il sistema di protezione di interfaccia. Tale dispositivo funge anche da Dispositivo Generale.

4.7 Sistema Protezione di Interfaccia (SPI)

Il sistema di protezione di interfaccia (SPI) è costituito essenzialmente da relè di frequenza e di tensione che, secondo la Norma CEI 0-21, tutelano gli impianti di ENEL e del Cliente produttore in occasione di guasti e malfunzionamenti della rete pubblica. Il sistema di protezione è costituito dal relè CM-UFD.M22 dell'ABB.

Le funzioni di protezione di interfaccia previste dalla norma CEI 0-21 sono:

- protezione di minima tensione doppia soglia;
- protezione di massima tensione;
- protezione di minima frequenza doppia soglia;
- protezione di massima frequenza doppia soglia;
- protezione di massima tensione media.

Tali protezioni, agendo sul dispositivo di interfaccia, sconnettono l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria il generatore fotovoltaico possa alimentare la rete di distribuzione stessa.
- in caso di guasto sulla rete di distribuzione il generatore fotovoltaico possa continuare ad alimentare il guasto stesso prolungandone il tempo di estinzione dell'anomalia e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza.

5 Contatori Energia Prodotta e Scambiata con la rete

Per la misura dell'energia elettrica scambiata con la rete verrà installato un apparecchio di misura per l'energia prodotta. Poiché l'impianto sarà collegato alla rete di bassa tensione, il responsabile del servizio di misura dell'energia elettrica prodotta è ENEL DISTRIBUZIONE.

6 Provvedimenti per la protezione

6.1 Impianto di terra

L'impianto di terra è costituito dagli elementi conduttori in grado di convogliare nel terreno la corrente dispersa a seguito del cedimento dell'isolamento di un qualsiasi componente dell'impianto elettrico; esso è realizzato in conformità a quanto richiesto dalle norme CEI 64-8, CEI 64-12 ed al DPR 462/01.

Le masse dell'impianto fotovoltaico sono costituite dalla carcassa metallica dell'inverter, mentre le strutture di sostegno dei moduli nonché i moduli stessi non vengono considerate masse essendo i moduli fotovoltaico e i cavi utilizzati per il cablaggio delle stringhe di classe II.

I materiali e componenti per impianti di terra sono conformi alle seguenti normative: CEI 11 – 8, CEI 64 – 8, CEI 81 - 1, CEI 64 – 12, e DPR N°462.

6.2 Prescrizioni particolari componenti Classe I

Le cornici dei moduli fotovoltaici e gli altri elementi di classe I presenti nell'impianto dovranno essere collegati a terra in quanto sono da considerarsi masse del sistema e dovranno essere previste barriere di protezione, in quanto la semplice messa a terra non dà sufficienti garanzie sul contatto adiacente con il resto di un modulo. È consigliata l'equipotenzializzazione tra le cornici dei moduli e le strutture di sostegno, in quanto non è possibile garantire l'efficacia nel tempo dell'isolamento elettrico tra i due elementi, vista la collocazione esterna dell'impianto e la durata prevista.

6.3 Prescrizioni particolari componenti Classe II

Le cornici dei moduli fotovoltaici di classe II presenti nell'impianto potranno essere collegate per motivi funzionali. Infatti, nonostante la Norma CEI 64-8 proibisca la messa a terra di apparecchi in classe II, l'isolamento dei moduli da terra pregiudicherebbe il corretto funzionamento del dispositivo di controllo dell'isolamento dell'inverter. I moduli saranno pertanto dotati di morsetto di messa a terra.

6.4 Masse estranee

Un discorso a parte meritano le eventuali masse estranee che possono essere presenti presso l'impianto e la cui valutazione va effettuata caso per caso. Esempi di massa estranea possono essere la struttura di sostegno o una palificazione.

La norma CEI 64-8 fissa a 1000 ohm in ambienti ordinari il valore della resistenza di isolamento verso terra della massa dubbia, al di sotto della quale occorre effettuare la connessione al collettore di terra attraverso una connessione equipotenziale.

6.5 Protezione contro i contatti diretti

La protezione dai contatti diretti è conseguita con l'impiego di materiali e dispositivi idonei a garantire un adeguato isolamento e quindi a minimizzare il rischio di contatto diretto delle persone con parte attive dei circuiti.

È prevista l'adozione di adeguate misure di protezione dai contatti diretti anche per le operazioni di manutenzione dell'impianto, ad esempio con isolamento delle parti attive con idonei schermi o involucri isolanti.

6.6 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti consiste nel prendere le misure intese a proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale.

I metodi di protezione contro i contatti indiretti sono classificati come segue:

- 1) protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;

- 2) protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- 3) alimentazione a bassissima tensione.

La protezione mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione è richiesta quando a causa di un guasto, si possono verificare sulle masse tensioni di contatto di durata e valore tali da rendersi pericolose per le persone.

Le prescrizioni da ottemperare per conseguire la protezione contro i contatti indiretti sono stabilite dalle norme CEI 64-8 per gli impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua e dalle Norme CEI 11-8 per gli impianti utilizzatori in media e in alta tensione.

Per il generatore fotovoltaico con moduli dotati di isolamento principale sono state messe a terra le cornici metalliche di moduli fotovoltaici, le quali in questo caso sono da considerare masse, sono state collegate con le strutture metalliche tali da realizzare un sistema equipotenziale collegato con gli scaricatori presenti nel quadro parallelo stringa.

6.7 Protezione contro i fulmini

L'impianto fotovoltaico è dotato di opportuni limitatori di sovratensione o SPD in grado di scongiurare l'insorgenza di tensioni pericolose, sia in caso di fulminazione diretta che nel caso di fulminazione indiretta.

Tale impianto fotovoltaico è dotato di limitatori di sovratensione o SPD di classe II, che vengono utilizzati sia a protezione degli inverter che a protezione dei quadri di campo stringhe.

La protezione di ogni inverter avviene all'ingresso lato c.c. mediante l'utilizzo di SPD opportunamente collegati tra il cavo isolato positivo dell'inverter ed un cavo isolato di colore giallo-verde e tra cavo isolato negativo dell'inverter e lo stesso cavo isolato di colore giallo-verde. Quest'ultimo infine, si collega direttamente all'impianto di terra esistente.

La protezione dei quadri di campo stringe e avviene per evitare il verificarsi di sovratensioni pericolose che danneggerebbero le apparecchiature.

7 Verifiche di progetto

7.1 Protezione contro le sovracorrenti

All'inizio di ogni unità di impianto, è assicurata la protezione da sovraccarico e cortocircuito mediante opportuni dispositivi di interruzione automatica di massima corrente, in grado di interrompere la massima corrente di corto circuito che può verificarsi nei punti in cui sono installati; la protezione è estesa a tutti i poli del circuito; non sono mai stati installati dispositivi che possano interrompere il neutro senza aprire contemporaneamente i conduttori di fase.

Le protezioni delle linee principali sono dimensionate secondo le prescrizioni della norma CEI 64-8; in particolare il valore della corrente nominale di intervento dei dispositivi di protezione verrà scelta in base alle relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

E' stato realizzato inoltre il coordinamento tra il valore dell'energia passante dall'interruttore e quello sopportabile dalla conduttura protetta, in modo da non dare luogo a surriscaldamenti, pericolosi per quest'ultima in qualsivoglia condizione di guasto, verificando la relazione:

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

Anche per le singole derivazioni, effettuate con singolo circuito o cavo posato in proprio tubo o comunque separato dagli altri, è stato impiegato cautelativamente lo stesso coefficiente.

7.2 Protezione dai contatti diretti

La protezione da questo tipo di pericolo è attuata mediante l'impiego di componenti dotati di isolamento principale e/o supplementare e opportuni involucri di protezione in grado di garantire il grado di protezione minimo IPXXB a tutti i componenti dell'impianto.

All'interno dei quadri installati il grado di protezione sarà conforme alle Norme relative e, comunque, non inferiore a IP20, mentre per la parte esterna non sarà inferiore a IP40 a porta chiusa; per quanto concerne in particolare il punto di

attestazione della linea di alimentazione principale, è stata adottata un'adeguata protezione mediante l'impiego di opportuni coprimorsetti isolanti.

Come sistema di protezione addizionale, a monte di tutte le linee, sono infine stati installati dispositivi di tipo differenziale, che realizzano pertanto una protezione aggiuntiva mediante interruzione dell'alimentazione nei confronti del tipo di rischio elettrico in oggetto.

7.3 Protezione dai contatti indiretti

La protezione dai contatti indiretti dei circuiti terminali in uscita dai rispettivi quadri di zona è attuata mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Per assicurare ciò è ovviamente garantito il coordinamento tra la resistenza di terra e la corrente nominale di intervento degli interruttori differenziali posti sui quadri di distribuzione, ovvero:

$$R_a \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

dove:

- R_a è la somma delle resistenze del dispersore dell'impianto di terra e dei conduttori di protezione delle masse in ohm
- I_a è la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione in ampere.