



COMUNE DI CASTAGNETO CARDUCCI (LI)
Frazione DONORATICO

Scuola Materna “Il Parco” – Realizzazione Nuova Sezione

Via Ugo Foscolo – Donoratico – Castagneto Carducci (LI)

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTA

Arch. Lorenzo Mancinotti – AREA 6 Progettazioni

Comune di Castagneto Carducci

Via Giosuè Carducci 1

57022 Castagneto Carducci (LI)

TITOLO

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

N. ELABORATO

RTE2

DATA

Febbraio 2015

PREMESSA

Valenza dell'iniziativa

Lo scopo precipuo della realizzazione dell'impianto fotovoltaico è quello di conseguire un significativo risparmio energetico, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di:

- produrre energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti;
- risparmiare combustibile fossile;
- avvicinare il punto di produzione di energia elettrica con il punto di effettivo utilizzo;

Descrizione

L'impianto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è trifase in bassa tensione.

La potenza dell'impianto è pari a 3,00 kW e la produzione stimata è di 3450 kWh di energia al primo anno, derivata da 12 moduli occupanti una superficie di 19,5 m²; l'impianto è composto da un generatore.

L'impianto fotovoltaico è installato su tetto piano tramite triangoli regolabili in alluminio con profilo a 'U' appositamente predisposti con altezza massima di 45 cm ai quali sono fissati i profili di aggancio dei moduli FV; l'intera struttura è ancorata al tetto da apposite zavorre (piastre in calcestruzzo diam .45 cm) come evidenziato nella relativa verifica di calcolo statico.

Il collegamento tra i moduli fotovoltaici avviene mediante sistema di cablaggio prefabbricato di tipo solare.

I moduli sono collegati elettricamente in serie formando "stringhe". Le stringhe sono raggruppate in parallelo tra di loro (nei quadri di campo installati sulla copertura) e riportate agli ingressi DC dei relativi inverter in funzione della portata massima di corrente supportata dagli inverter stessi. Le linee in corrente continua, a partire dai quadri di campo (parallelo stringhe) fino all'inverter, sono posate in apposite vie cavi che collegano il campo fotovoltaico con il locale tecnico.

Ai fini della connessione dell'impianto FV in parallelo con la rete BT di proprietà del gestore di rete, l'energia in corrente continua prodotta dai moduli è convertita, attraverso l'inverter, in corrente alternata. Un'interfaccia esterna conforme alla norma CEI0-21 e al codice di rete TERNA permette l'esercizio in parallelo dell'impianto fotovoltaico con la rete elettrica BT del gestore di rete.

La lettura dell'energia prodotta avviene mediante l'inserzione di un contatore subito a valle dell'inverter mentre l'energia scambiata con la rete viene misurata con un contatore bidirezionale che definisce anche il punto di connessione con la rete stessa (POD).

L'energia elettrica prodotta dall'impianto viene incentivata in misura differente per l'aliquota che viene auto consumata in sito e per la parte che viene immessa in rete; i rispettivi valori degli incentivi e premi sono definiti dal DM 05/07/2012.

Normativa di riferimento

Gli impianti sono realizzati a regola d'arte, come previsto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Gli impianti e i relativi componenti rispettano le prescrizioni contenute nelle seguenti norme tecniche:

- norme del Comitato Elettrotecnico Italiano.
- prescrizioni del Gestore di Rete;
- regolamenti delle autorità locali, comprese quelle dei VVFF ove necessario;

L'elenco completo delle norme alla base della progettazione è riportato in Appendice A.

Raccomandazioni

Il generatore fotovoltaico genera tensione non appena il livello di irraggiamento solare supera un certo valore minimo; si può certamente affermare che dalle prime ore del mattino e fino alle tarde ore serali esiste sempre tensione elettrica tra i cavi che collegano tra loro i moduli fotovoltaici e i cavi solari che collegano quest'ultimi ai quadri di campo. Tale tensione non è in alcun modo eliminabile essendo una conseguenza diretta e imprescindibile dell'effetto fotovoltaico e della cablatura dell'impianto stesso; di conseguenza, ogni qualvolta si deve intervenire in prossimità di cavi (per esempio per interventi edili sul tetto o in prossimità delle calate dei cavi stessi) è opportuno usare la massima cautela e, se necessario, contattare l'assistenza tecnica.

Si rammenta inoltre che quasi ogni punto dell'impianto fotovoltaico è soggetto alla tensione derivante da due sorgenti, quella della rete del distributore e quella del generatore fotovoltaico; per avere un completo isolamento dei componenti dell'impianto (quadri, inverter e misuratori) è opportuno scollegare l'impianto sia dalla rete di distribuzione tramite l'interruttore generale del fotovoltaico sia dal generatore fotovoltaico agendo sui sezionatori lato corrente continua (ricordando sempre che i cavi solari rimangono comunque in tensione per le ragioni sopra esposte); la precedente procedura può essere seguita anche in caso di emergenza.

In ogni caso, pur agendo con tempestività in caso di necessità, è sempre raccomandato contattare l'assistenza tecnica nei casi di malfunzionamento.

Conduzione dell'impianto

Se la manutenzione periodica dell'impianto deve essere eseguita da una ditta specializzata, la conduzione dello stesso può sicuramente essere fatta da personale non esperto; è sufficiente controllare con cadenza almeno quotidiana il corretto funzionamento dell'inverter (eventuali anomalie di quest'ultimo vengono ben evidenziate nel display e/o con l'accensione di spie di color rosso) e che tutti i dispositivi che compongono il quadro elettrico sia dal lato in corrente continua (verso i moduli) che dal lato corrente alternata (verso la rete) sia nello stato "ON".

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Criterio generale di progetto

Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico è stato fatto tenendo conto del fabbisogno annuo previsto di energia elettrica e della superficie utile a disposizione cercando di massimizzare la captazione della luce solare e minimizzando gli effetti dell'ombreggiamento. La copertura piana, infatti, permette di orientare i moduli nel modo ottimale, quindi verso SUD, evitando al contempo fenomeni di auto ombreggiamento e permettendo una completa ventilazione dei moduli stessi a tutto vantaggio della producibilità complessiva del sistema.

Criterio di stima dell'energia prodotta

L'energia generata dall'impianto dipende:

- dal sito d'installazione;
- dall'esposizione dei moduli;
- da eventuali ombreggiamenti o sporchie presenti sul generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS è a sua volta influenzata dalle seguenti perdite:

- per riflessione;
- per ombreggiamento;
- per mismatching;
- per effetto della temperatura sui cavi e sui componenti elettrici;
- nei circuiti in corrente continua;
- negli inverter;
- nei circuiti in corrente alternata.

Criterio di verifica elettrica lato c.c.

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10°C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (75°C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

Tensioni MPPT (CEI 82-25)

Tensione minima (a 75°C) del modulo maggiore della tensione MPPT minima dell'inverter;

Tensione massima (a -10°C) del modulo minore della tensione MPPT massima dell'inverter;

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile dell'inverter per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

Tensione massima (CEI 82-25)

Tensione generata dal modulo a circuito aperto (a -10°C) inferiore alla tensione massima ammissibile dell'inverter.

Corrente massima (CEI 82-25)

Corrente massima (corto circuito) generata dal modulo (a 75°C), inferiore alla corrente massima dell'inverter.

Dimensionamento Inverter (CEI 82-25)

Dimensionamento compreso tra il 80% e il 120%.

Per dimensionamento si intende il rapporto tra la potenza nominale dell'inverter e il campo fotovoltaico ad esso collegato.

Caduta di tensione (CEI 82-25)

I cavi solari (o cavi in C.C.) sono dimensionati in modo da limitare le cadute di tensione entro il 2%.

Cavi (CEI 82-25, CEI 20-91)

I cavi solari sono utilizzati per effettuare i collegamenti fra i moduli fotovoltaici, i quadri di campo, gli eventuali quadri di parallelo e gli inverter.

I cavi solari, con sigla di designazione FG21M21, hanno le seguenti caratteristiche:

- Tensione massima compatibile con quella di sistema;
- Adatti all'installazione fissa sia all'esterno che all'interno;
- Adatti anche per la posa direttamente interrata o in tubo interrato secondo le prescrizioni della Norma CEI 11-17;
- Resistenti all'acqua, agli UV, all'ozono, al gelo e agli agenti chimici;

- Capacità di operare alla temperatura raggiungibile dalla specifica applicazione;
- Elevata resistenza meccanica;

Sezionamento (CEI 82-25, CEI 11-27)

Il generatore fotovoltaico genera tensione elettrica non appena l'irraggiamento solare incide sul piano dei moduli; pertanto, sia per lavori di tipo elettrico che lavori di tipo non elettrico si deve fare riferimento alla norma CEI 11-27. In particolare, il sezionamento viene effettuato tramite sezionatori che sono in grado di operare alla massima tensione raggiungibile dal sistema e alla corrente nominale che circola nello stesso. E' bene ricordare che per eseguire lavori sugli inverter o su scatole o armadi di connessione è necessario sezionare sia a monte che a valle perché si è quasi sempre in presenza di una doppia alimentazione.

Protezione da sovratensione (CEI 82-25)

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 dal fulmine) che indiretto (fulmine che si abbatte nelle vicinanze). La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici è costituita da carpenteria metallica montata sulla copertura dell'edificio con altezza massima di 38cm e di conseguenza, come indicato nella relazione tecnica redatta dal progettista dell'impianto elettrico dell'utenza, l'installazione dell'impianto fotovoltaico non altera significativamente l'esposizione alle fulminazioni dirette e quindi l'edificio risulta autoprotetto.

Le sovratensioni, inoltre, possono essere causate anche dalla chiusura o dall'apertura di contatti o dall'intervento di fusibili; questi eventi, comunque, sono maggiormente frequenti in ambienti industriali.

Quindi, per evitare danni a cose e a persone è stato utilizzato uno scaricatore di sovratensioni (SPD) inserito nel lato c.c. in grado di proteggere l'intero impianto da eventuali scariche atmosferiche.

Criterio di verifica elettrica lato c.a.

Protezione contro i sovraccarichi

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente circostante le condutture.

Le caratteristiche di funzionamento di un dispositivo di protezione delle condutture contro i sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

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

dove:

I_b = corrente di impiego del circuito;

I_z = portata in regime permanente della conduttura;

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione.

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Protezione contro le correnti di cortocircuito (CEI 64-8)

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni.

Per meglio definire le correnti di cortocircuito si utilizza la seguente formula:

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

dove :

(I^2t) è l'integrale di Joule per la durata del cortocircuito in (A^2s) ;

K è una costante determinata sulla base dei valori delle temperature massime ammesse durante il servizio ordinario e durante il cortocircuito per l'isolamento dei cavi.

S è la sezione del cavo, attraversato dal cortocircuito, in mm^2 .

Caduta di tensione (CEI 82-25)

Come prescritto nella norma CEI 82-25, bisogna garantire che la caduta di tensione alla massima corrente di utilizzo sia minore o uguale a quanto riportato nella Norma CEI 64-8, ossia del 4%.

Cavi (CEI 82-25)

Secondo la Guida CEI 20-67, art. 2.3.1, nei circuiti in corrente alternata la tensione nominale del sistema / circuito non deve superare la tensione nominale dei cavi. Tale condizione si applica sia al valore U_0 sia al valore U del cavo. In pratica deve essere rispettata la relazione: $U_0/U \text{ del cavo} \geq U_0/U \text{ del sistema}$.

Connessione utenti attivi alle reti BT (CEI0-21 e allegato A70 del codice di rete TERNA)

Gli inverter e le protezioni di interfaccia devono rispettare le specifiche in termini di energia, frequenza, tensioni e rispettivi tempi di intervento così come richiesto dalla delibera 84/2012/R/EEL dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il GAS.

APPENDICE A

Gli impianti fotovoltaici e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Decreti

- DM 5 Luglio 2012 quinto conto energia

Normativa fotovoltaica

- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- UNI 8477: Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta;
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27): Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28): Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici – moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- EN 62116: Test procedure of islanding prevention measures for utility – interconnected photovoltaic inverters;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31): Connettori per sistemi fotovoltaici – Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34): Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35): Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- EN 62446 (CEI 82-38): Grid connected photovoltaic system – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;

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

Altra Normativa sugli impianti elettrici

- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 50438 (CEI 311-1): Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori – Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Individuazione dei morsetti, degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3: Limiti – Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari – Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari – Parte 23: Contatori statici di energia attiva (classe 2 e 3);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova – Apparat di misura (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Parte 3: Prescrizioni particolari – Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica – Composizione, precisione e verifica;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.