

COMUNE DI MURO LECCESE

Provincia di Lecce

Oggetto:

**REALIZZAZIONE DI UN OPIFICIO INDUSTRIALE
ADIBITO ALLO STOCCAGGIO DI ROTTAME DI
ALLUMINIO FUNZIONALMENTE CONNESSO
ALL'ATTIVITA' ESISTENTE DI PRODUZIONE DI
BILLETTE IN LEGA DI ALLUMINIO**

Committente:

**RUGGERI SERVICE S.p.a.
73036 Muro Leccese (Le)**

Ubicazione:

Zona PIP - Muro Leccese (Le)

Tecnico:

Ing. Antonio PERRONE
via Botticelli n°12 Trepuzzi - Le - tel. 3478482386
e-mail ing.antonioperrone@gmail.com

Tavola:

A.04

Scala:

Data:

GIUGNO 2022

Elaborati:

**RELAZIONE TECNICA
IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

Comune di Muro Leccese

Provincia di LECCE

**REALIZZAZIONE DI UN OPIFICIO INDUSTRIALE ADIBITO ALLO STOCCAGGIO DI
ROTTAME DI ALLUMINIO FUNZIONALMENTE CONNESSO ALL'ATTIVITA'
ESISTENTE DI PRODUZIONE DI BILLETTE IN LEGA DI ALLUMINIO.**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
DI 500 KWP SULLE COPERTURE DEI CAPANNONI**

RELAZIONE TECNICA

Committente:
RUGGERI SERVICE S.P.A.

Progettista:
Ing. Antonio PERRONE

Data:
GIUGNO 2022

1. Oggetto

Scopo del presente documento è quello di fornire una descrizione tecnica del progetto di realizzazione di un impianto di generazione elettrica attraverso conversione fotovoltaica da fonte solare. La potenza nominale dell'impianto sarà pari a 500 kWp e sarà ottenuta attraverso l'installazione di un generatore fotovoltaico sulle coperture di due fabbricati con destinazione d'uso industriale sito nel Comune di Muro Leccese (Le) zona PIP.

L'impianto è del tipo "grid-connected" e l'energia elettrica prodotta sarà scambiata in regime di "SCAMBIO SUL POSTO" con la rete elettrica MT di E-DISTRIBUZIONE.

2. Normativa tecnica di riferimento

Il generatore ed i relativi componenti descritti nella presente relazione saranno realizzati in piena conformità a Leggi e Normative attualmente vigenti in materia di progettazione ed installazione di impianti fotovoltaici ed in particolare:

- Norme CEI / IEC per la parte elettrica convenzionale con particolare riferimento a: CEI 0-2 *“Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”*; CEI-UNEL 35024-1 *“Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria”* ; CEI-UNEL 35026 *“Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata”*; CEI 82-25 *“Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione”*.
- Norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici; in particolare, la CEI EN 61215 per moduli al silicio cristallino.
- Conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e per il convertitore c.c./c.a.
- UNI 10349, o Atlante Europeo della Radiazione Solare, per il dimensionamento del campo fotovoltaico.
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.
- CEI 0-16 *“Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica”*
- CEI 64-8 *“Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”*

Si richiamano, inoltre, le norme EN 60439-1 e IEC 439 per quanto riguarda i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal convertitore c.c./c.a., le norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF.

Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni il riferimento sarà costituito da:

- D. Lgs 81/08 del 9 Aprile 2008 che costituisce il nuovo Testo Unico sulla Sicurezza.
- D.M. 37/08 *“Nuove disposizioni in materia di installazione degli impianti all’interno di edifici”*.

- D.M. 16/01/1996 relativo al calcolo dei carichi da vento e da neve sulle strutture.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- Guida per le connessioni alla rete elettrica di E-Distribuzione.
- Unificazioni Società elettriche (Enel e/o altre) per i dispositivi di interfaccia con la rete elettrica.
- Delibera ARG/elt 99/08 *“Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive - TICA)”*

L'elenco normativo è riportato solo a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui, eventuali leggi e/o norme applicabili, anche se non citate, debbono ritenersi comunque applicate. Le opere e le installazioni verranno eseguite a regola d'arte in conformità alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI, ISO vigenti anche se non espressamente richiamate nel seguito.

3. Dimensionamento, prestazioni e garanzie

La scelta della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico è stata valutata in considerazione della potenza massima ammissibile tenendo conto delle dimensioni dell'area disponibile per l'installazione. La quantità di energia elettrica producibile è stata calcolata, comunque, sulla base dei dati radiometrici di cui alla citata norma UNI 10349 e assumendo come efficienza operativa media annuale dell'impianto circa l'80%. L'impianto è progettato per avere:

- una potenza lato corrente continua superiore all' 95% della potenza nominale del generatore fotovoltaico, riferita alle particolari condizioni di irraggiamento;
- una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 95% della potenza lato corrente continua (efficienza del gruppo di conversione).

4. Moduli fotovoltaici

I moduli scelti per il dimensionamento di massima dell'impianto e che probabilmente verranno installati per la costituzione del generatore fotovoltaico sono prodotti da Canadian Solar modCS3K-475W, sono realizzati con tecnologia al silicio policristallino ed hanno potenza nominale pari a 475 Wp. Ogni modulo è costituito da celle collegate in serie e incapsulate tra un vetro temperato ad alta trasmittanza ed un insieme di materiali polimerici (EVA) impermeabile agli agenti atmosferici e stabile alle radiazioni U.V., con l'applicazione di una cornice in alluminio anodizzato. Ciascun modulo è dotato, sul retro, di una scatola di giunzione a tenuta stagna IP54 contenente tutti i terminali elettrici ed i relativi contatti per la realizzazione dei cablaggi; all'interno di ciascuna scatola sono installati i diodi di by-pass.

Le caratteristiche costruttive e funzionali sono rispondenti alle Normative CEE, e hanno certificazione IEC 61215 e IEC/EN 61730. Le specifiche tecniche e dimensionali di dettaglio sono riportate nella scheda tecnica allegata agli elaborati grafici di progetto

5. Strutture di sostegno dei moduli

I moduli verranno disposti su diverse file, al fine di ottimizzare l'esposizione solare. Verranno ancorati alla struttura che costituisce la copertura del capannone tenendo conto di quanto prescritto dalla circolare dei Vigili del Fuoco "Nota 07 febbraio 2012 Guida per l'installazione degli impianti FV – Edizione anno 2012".

6. Descrizione dell'impianto

L'impianto è costituito dalle sezioni di produzione, conversione e trasporto. La produzione di energia elettrica avviene mediante l'utilizzo di un generatore fotovoltaico. Il generatore in oggetto ($P_n = 500,00$ kWp) è composto dal punto di vista elettrico da N. 8 sub-campi ed a coppie alimentano un gruppo di conversione DC/AC. La successiva suddivisione in stringhe è realizzata in modo tale da garantire il perfetto bilanciamento delle fasi ed è completamente rappresentata nello Schema Elettrico Generale in allegato alla. Il layout complessivo dell'impianto è rappresentato nelle tavole grafiche allegate.

7. Rispetto delle norme di Prevenzione incendi

L'impianto dovrà essere realizzato in un capannone industriale per la produzione di profili in alluminio che è un'attività soggetta ai controlli e verifiche da parte dei Vigili del Fuoco.

Pertanto verranno rispettate le seguenti condizioni:

- non dovrà costituire causa primaria di incendio o di esplosione;
- non dovrà fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi;
- dovrà essere previsto un dispositivo di sezionamento sotto carico, azionabile da comando remoto, ubicato in posizione segnalata ed accessibile, in modo da mettere in sicurezza ogni parte dell'impianto elettrico all'interno del compartimento antincendio, anche nei confronti del generatore fotovoltaico. La parte del generatore FV a monte di tale dispositivo di sezionamento si trova esterna ai compartimenti antincendio;
- i componenti degli impianti FV saranno installati in luoghi sicuri, e non saranno di intralcio alle vie di esodo;
- l'area in cui è ubicato il generatore ed i suoi accessori, essendo accessibile, sarà segnalata con apposita cartellonistica conforme al D. Lgs. 81/2008. La predetta cartellonistica dovrà riportare la seguente dicitura: **ATTENZIONE: Impianto Fotovoltaico in tensione durante le ore diurne (.... Volt).** La predetta segnaletica dovrà essere installata ogni 5 metri per i tratti di condotta.



- l'ubicazione dei pannelli e delle condutture elettriche verranno installate in modo tale da consentire il corretto funzionamento e la manutenzione delle vie di circolazione di incendi (lucernario in sommità del capannone). I pannelli, le condutture ed ogni altro dispositivo verranno ubicate ad almeno 1 metro dai predetti dispositivi.

8. Gruppi di Conversione e Quadri Elettrici

7.1 Gruppi di conversione

La soluzione progettuale prevista per la produzione di energia elettrica è indirizzata a massimizzare la produzione energetica dell'impianto solare fotovoltaico (FV) riducendo perdite e fattori di riduzione.

Nel locale inverter saranno installati i 4 gruppi di conversione (inverter), così come indicato nel quadro unifilare.

L'inverter commerciale ad alta potenza converte in modo efficiente l'energia in corrente continua prodotta dai moduli in energia in corrente alternata in modo che possa essere immessa nel circuito CA 400V principale dell'impianto e quindi dopo l'innalzamento a 20000 V nella rete MT.

7.2 Quadro di Produzione BT

Il Quadro Elettrico di Produzione in Bassa Tensione con funzione di Dispositivo di Interfaccia sarà costituito da N.1 interruttore generale automatico con $I_n = 800$ A $I_{cc} 55$ kA con comando motorizzato, bobina a minima tensione e relè di interfaccia con funzioni 27, 59, 59N, 81. Inoltre saranno presenti N.4 interruttori magnetotermici automatici $I_n = 200$ A ed $I_r = 180$ A aventi funzione di DDG per la protezione del lato AC delle macchine inverter. La carpenteria sarà di tipo metallico con rivestimento in lamiera zinco cromata in esecuzione per diversi gradi di protezione IP30/31, IP40/41 oppure IP55

7.3 Trasformatore MT / BT

A monte del Quadro di Produzione BT verrà installato il trasformatore MT / BT che avrà il compito di portare ai valori richiesti di tensione di 20.000V L'energia prodotta dal campo fotovoltaico. La potenza nominale in bassa tensione in arrivo al trasformatore è di circa 500 kW e pertanto il trasformatore lavorerà costantemente a pieno carico ma mai sopra il suo limite progettuale.

Caratteristiche Elettriche del Trafo MT /BT	
Potenza	675 kVA
Primario	20.000 Vac
Secondario	400 Vac
Livello di Isolamento	24 kA
Perdite a Vuoto	3100 W
Perdite a Carico	16.000 W
Dimensione H x W x D	1800 x 1200 x 2235 mm
Peso	4650 Kg
Frequenza nominale	50 Hz
Campo regolazione tensione maggiore	+/- 2x2,5
Gruppo di collegamento	Dy11
Classe ambientale	E2

Classe climatica	C2
Comportamento al fuoco	F1
Classe isolamento primaria e secondaria	F/F
Temperatura ambiente massima	40°C
Impedenza di corto circuito a 75°	6%
Installazione interna tipo di raffreddamento naturale	
Altitudine sul livello del mare < 1000 m	

7.4 Quadro generale di Media Tensione

Il quadro di Media tensione sarà costituito da Unità Interruttore di Manovra Sezionatore con Fusibili (Protezione Trasformatore) quadro per interno trifase con involucro metallico, con singolo sistema di sbarre, costruito in fabbrica, provati in accordo alla norma IEC 62271-200, esente da manutenzione, isolamento in gas SF₆ con categoria di perdita di continuità di servizio LSC 2A, classe delle segregazioni PM completa di un sezionatore secondo IEC62271- 103 e IEC62271-105 in classe di durata meccanica M1 e durata elettrica E3 del tipo a tre posizioni racchiuso in un involucro in acciaio isolato in gas SF₆ con possibilità di controllo della presenza del gas. Le posizioni del sezionatore sono " CHIUSO SU LINEA - APERTO - CHIUSO SU TERRA " con comando indipendente dall'operatore. La costruzione del sezionatore impedisce la chiusura contemporanea su linea e su terra senza l'uso di blocchi a chiave. Esente da manutenzione fino a 1000 manovre. Sistema di sbarre con esecuzione ad innesto, di forma tubolare con guaina isolante in gomma da silicone, insensibilità a contaminazione e condensa. Con vano fusibili tipo HRC con copertura interbloccata con il sezionatore a tre posizioni. Copertura metallica del sistema di sbarre per protezione da contatti accidentali. Collegamento dei cavi su isolatori passanti a cono esterno, con terminale a T. Prese per indicatori capacitivi, interblocco copertura pannello cavi, ferma cavi MT, nicchia per apparecchi di bassa tensione, indicatore meccanico dello stato del sezionatore a 3 posizioni, contatti di segnalazione dello stato del sezionatore 2NO+2NC, blocco di inserzione per il sezionatore a 3 posizioni.

Dispositivo Generale secondo la Norma CEI 0-16 II ed. costituito da:

Scomparto di media tensione secondo IEC 62 271-200: Unità Sezionatore per arrivo linea da distributore modello con comando manuale, 24kV, 630A, 16kA x 1s, classificazione LSC 2B - PM. Unità Interruttore per Dispositivo Generale DG con comando manuale, 24kV, 630A, 16kA x 1s, classificazione LSC 2B - PM. Sistema di Protezione Generale costituito da TA, TO e TV automaticamente idonei o provati secondo CEI 01-6 II ed. V2 e relè a microprocessore provato secondo CEI 0-16 II ed. V2 con funzioni 50.51.51N. Secondario dei TV e 3 TA di misura certificati UTF.

7.5 Quadro MT in Cabina di Fornitura

Il quadro di media tensione in Cabina di Consegna sarà costituito da:

N°1 Unità protezione con interruttore 20kV-630A-12,5kA con terna barre conduttrici, sezionatore rotativo compatto isolato in SF6, sezionatore di terra con interblocco, interruttore tripolare MT 24KV, 630A, comando manuale, n. 2 TA, terna lampade presenza tensione; N°1 Unità risalita cavo 20kV;

N°2 scomparti con sezionatore rotativo compatto isolato in SF6, sezionatore di terra con interblocco, n. 3 TV isolati in resina epossidica, e terna lampade presenza tensione

7.6 Quadri ausiliari locali MT e BT

I due quadri elettrici per i servizi ausiliari dei locali MT e BT conterranno gli interruttori automatici per la protezione delle linee dei circuiti ausiliari di cabina quali illuminazione locali, estrattore d'aria, illuminazione sterna, sezione UPS, ausiliari scomparti di MT e BT, schede per sistema di supervisione e riserve.

1. Calcoli e verifiche di progetto

Per i calcoli e le verifiche di progetto occorre verificare che, in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici, risultino essere verificate le seguenti disuguaglianze, per quanto riguarda le tensioni:

$$V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT } \min}$$

$$V_{m \max} \leq V_{inv \text{ MPPT } \max}$$

$$V_{OC \max} < V_{inv \max}$$

Mentre per quanto riguarda la compatibilità in termini di corrente tra l'inverter ed il relativo campo deve valere la relazione:

$$I_{array \max} \leq I_{inv \max}$$

nei quali $V_{inv \text{ MPPT } \min}$ $V_{inv \text{ MPPT } \max}$ rappresentano, rispettivamente, i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza, mentre $V_{inv \max}$ è il valore massimo di tensione CC ammissibile ai morsetti dell'inverter; $I_{array \max}$ ed $I_{inv \max}$ rappresentano, rispettivamente, la corrente nelle condizioni di massima potenza del campo e la massima corrente ammissibile per l'inverter ad esso relativo. Considerando una variazione percentuale della tensione di ogni modulo in dipendenza della temperatura $\beta = -0,12 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$, per $I_{SC} = 0,07 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$, ed i limiti di

temperatura estremi pari a -10°C e $+70^{\circ}\text{C}$, V_m e V_{OC} assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C) e sono dati dalla formula:

$$V_M(T) = V_M(STC) - \beta (25 - T_{CEL})$$

Assumendo che tali grandezze varino con la temperatura in modo lineare, le precedenti disuguaglianze, nei vari casi risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici ed il tipo di inverter adottato.

2. Caratteristiche di produzione energetica annua e stima dell'impatto ambientale

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud e evitando fenomeni di ombreggiamento.

La valutazione della risorsa solare disponibile ed i dati di produzione annui stimati per il luogo ed il tipo di installazione sono stati ricavati con il software PV-GIS

Il valore di 1.399.686,21 kWh/anno è l'energia che il sistema fotovoltaico produrrà in un anno, se non vi sono interruzioni del servizio.

Le considerazioni successive valgono per l'intero periodo di vita dell'impianto stimato in 20 anni. Poiché in Italia la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile, un utile indicatore per definire il risparmio di quest'ultimo derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Per l'impianto in oggetto si è calcolato quanto segue:

Risparmio di combustibile	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP / MWh]	0,187
TEP risparmiate in un anno	261,74
TEP risparmiate in 20 anni	5.234,8

Fonte Dati Delibera EEN 3/08 art.2


L'impianto fotovoltaico consente inoltre una drastica riduzione di emissioni in atmosfera di sostanze che hanno effetto inquinante e di altre che contribuiscono all'effetto serra, per cui tale aspetto è stato meglio dettagliato nella tabella sottostante:

Emissioni evitate in atmosfera	CO2	SO2	NOX	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	496	0,93	0,58	0,029
Emissioni evitate in un anno [Kg]	692.244	1.301,7	811,81	40,59
Emissioni evitate in 20 anni [Kg]	13.884.880	26.034	16.236	811,80

Fonte Dati: Rapporto Ambientale ENEL 2006

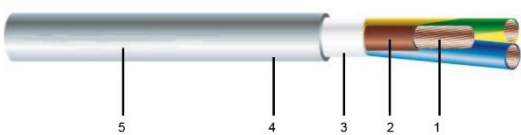
3. Cavi elettrici e cablaggio

I cavi utilizzati per l'interconnessione dei moduli e per il collegamento tra le stringhe e gli inverter saranno di tipo FG21M21 unipolare. Essi si caratterizzano per una resistenza meccanica estremamente alta con elevati valori di resistenza al caldo, al freddo, all'olio, all'abrasione, ai raggi UV, all'ozono ed alle intemperie meteorologiche. L'isolamento del cavo è antifiama per cui non possono innescarsi fenomeni di autocombustione. Resistenza al cortocircuito sino a 280°C

CAVO SOLARE FG21M21	PARAMETRI	VALORI
	SEZIONE	6 mm ²
	DIAMETRO DEL CAVO	6,9 mm
	TENSIONE NOMINALE	600/1000 V AC
	RAGGIO MIN PIEGATURA	4 X DIAMETRO
	CAMPO TEMPERATURA	-40 A 120°C
1 - CONDUTTORE: TRECCIA IN RAME STAGNATO	NORME	IEC60228, CLASSE5, OMOLOGAZIONE TÜV, CERTIFICATO R02210086
2 - ISOLAMENTO: RADOX NERO		
3 - MANTELLO		


Le linee di cablaggio dei pannelli saranno protette meccanicamente in canale metallico ancorato alle strutture murarie.

Per il collegamento degli inverter con gli interruttori nel Quadro di Produzione saranno impiegati cavi con conduttore in rame isolati unipolari tipo FG16M16 0,6/1 kV conformi a regolamento CPR con marchiatura I.M.Q. e colorazione delle anime secondo norme UNEL

CAVO FG16M16 0,6/1 kV	PARAMETRI	VALORI
		

	TENSIONE NOMINALE U_0/U	0,6/1 kV AC
	TENSIONE MASSIMA U_M	1200 V
	TEMP MAX DI ESERCIZIO	+90°C
	TEMP MAX CORTO CIRCUITO	+250°C
1 - CONDUTTORE A CORDA FLESSIBILE O RIGIDA IN RAME RICOTTO ROSSO O STAGNATO	NORME	CEI 20-13
2 - ISOLAMENTO IN HEPR DI QUALITA' G16		CEI 20-22 II
3 - RIEMPIMENTO IN MATERIALE NON FIBROSO E NON IGROSCOPICO		CEI 20-35
4 - GUAINA DI QUALITA' PVC QUALITA' RZ		CEI 20-37 PART 2
5 - MACATURA DI IDENTIFICAZIONE		CEI 20-52
		UNEL 35375
		UNEL 35376
		UNEL 35377

I circuiti in Media Tensione saranno realizzati con cavi del tipo “non propagante l’incendio” provvisti di conduttori in rame ed aventi un adeguato livello di tensione di isolamento del tipo RG16H1R12 conformi a Regolamento CPR, marchiatura I.M.Q.

CAVO RG16HIR12-20 kV	
	1 - CONDUTTORE A CORDA ROTONDA COMPATTA DI RAME ROSSO
	2 - SEMICONDUITIVO INTERNO
	3 - ISOLANTE
	4 - SEMICONDUITIVO ESTERNO
	5 - SECHEMATURA A FILO DI RAME ROSSO
	6 - GUAIMA PVC DI QUALITA' RZ

Tutti i conduttori dovranno essere privi, in tutti i loro percorsi di giunzioni e/o connessioni le quali dovranno essere eseguite dove necessarie esclusivamente tramite appositi dispositivi di connessione. Nel caso di posa ravvicinata o di condivisione di condutture per sistemi a tensione diversa, tutti i conduttori saranno isolati per la tensione nominale più elevata presente nella conduttura.

4. Dimensionamento delle portate

Per la determinazione della portata dei cavi con posa interrata si fa riferimento alla Norma CEI 64-8/5; la portata espressa in Ampere (A) di un cavo interrato è pari a :

$$I_z = I_0 K_1 K_2 K_3 K_4$$

Dove I_0 è la portata del cavo in Ampere (A) a una determinata sezione, ad un certo tipo di isolante e ad un determinato modo di installazione; essa è pari a I_z quando tutti i fattori di correzione sono unitari, ossia quando:

- K_1 – coefficiente di temperatura: vale 1 quando la temperatura del terreno è 20 °C.
- K_2 – coefficiente di raggruppamento: vale 1 quando è installato un solo circuito formato da cavi unipolari.
- K_3 – coefficiente di profondità: vale 1 quando la profondità di posa è 0,8 m.
- K_4 – coefficiente del terreno: vale 1 quando la resistività termica del terreno è 1,5 K*m/W.

Dalla tabella riportata nella norma CEI-UNEL 35026, scegliendo una certa sezione per il conduttore si ricava la sua portata I_0 . Moltiplicando quest'ultima per i fattori di correzione si ottiene la I_z . Per considerare accettabile la sezione del conduttore scelta, la I_z risultante dovrà essere maggiore della corrente I_b di impiego che è solita transitare nella conduttura. Se la I_z dovesse risultare minore della corrente di impiego è necessario selezionare una sezione del cavo superiore e ripetere la stessa verifica. Stesso metodo di calcolo si applica anche per i cavi alloggiati in canalina metallica in aria libera, dove però i fattori ambientali sono:

- K_1 – coefficiente di temperatura: vale 1 quando la temperatura ambiente è 20 °C.
- K_2 – coefficiente di raggruppamento: vale 1 quando è installato un solo circuito formato da cavi unipolari.

Con le sezioni stabilite in base alla corretta dissipazione termica è necessario verificare che lungo le tratte non vi siano cadute di tensioni maggiori del 3% della tensione di esercizio come consigliato dalla CEI 64-8. In particolare utilizzeremo il “metodo della caduta di tensione unitaria” e, facendo riferimento alla tabella CEI-Unel 35023, assumeremo che la caduta di tensione ΔV sul tratto in bassa tensione e sul tratto in media tensione in realtà non superi il 3%. La formula per il calcolo della generica caduta di tensione lungo una tratta elettrica è la seguente:

$$\Delta V = U \times I \times L / 1000 < 3\%$$

dove:

- U è la caduta di tensione unitaria tabulata nella CEI-Unel 35023 [mV/A*m]
- L è la lunghezza del cavo [m]

- I è la corrente nel cavo [A]

Nel caso in cui la caduta di tensione su un tratto sia superiore al 3% è necessario selezionare una sezione maggiore per il conduttore e ripetere la verifica.

5. Misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti

Per quanto riguarda la protezione dei contatti diretti, si isoleranno a regola d'arte tutte le parti attive, al fine di impedire che le persone possano venire accidentalmente in contatto con il circuito elettrico. I moduli fotovoltaici, pur essendo componenti in Classe II si considerano sotto tensione anche quando il sistema risulta distaccato dal lato in corrente alternata. Per quanto riguarda i contatti indiretti, tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico, non in tensione, ma che vi si potrebbero trovare in caso di scariche sulle carcasse o per difetto di isolamento, comprese le strutture di sostegno dei moduli stessi, saranno poste a terra mediante un impianto di terra coordinato con dispositivi di protezione differenziali. In particolare ciascuna struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici sarà collegata al dispersore orizzontale interrato mediante una corda di rame nudo da 16 mm². La corda di rame sarà collegata alla struttura tramite capocorda ad occhiello, bullone e rondella in acciaio zincato, fissati nell'apposito foro previsto. L'impianto di terra, sarà in configurazione TN-S con il neutro, corrispondente al centro stella del trasformatore lato bt, posto a terra nella cabina di trasformazione. Il conduttore di protezione verrà poi distribuito su tutta l'estensione dell'impianto e ad esso si collegheranno le masse metalliche delle strutture così da ottenere un potenziale di terra omogeneo. L'impianto di terra sarà realizzato secondo lo schema di principio mostrato nella figura seguente:

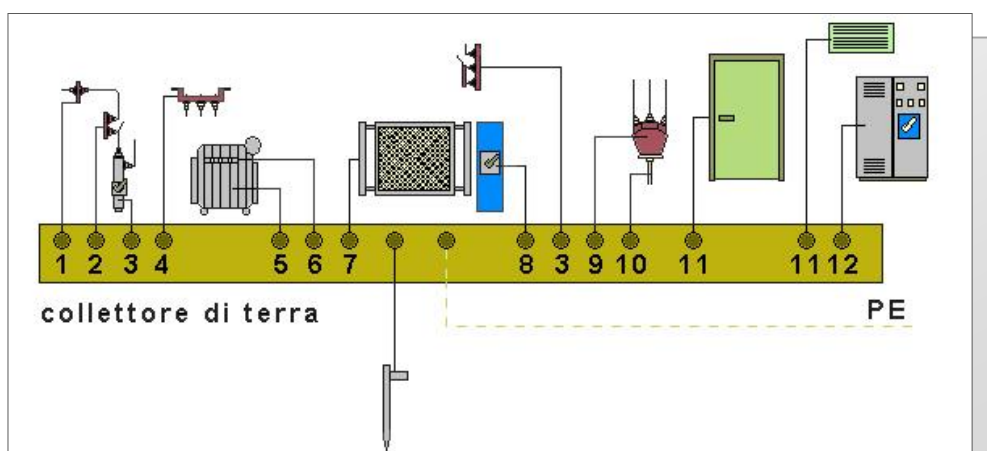


FIG. 7 - SCHEMA DI PRINCIPIO IMPIANTO DI TERRA.

Per il dimensionamento del conduttore di protezione si devono adottare criteri diversi a seconda che si tratti di bassa o di media tensione. Le ragioni che stanno alla base del dimensionamento dei conduttori di terra sono principalmente legate alla resistenza meccanica del conduttore. La corrente di guasto, infatti, che in condizioni di normale funzionamento è zero, è quasi sempre sopportabile da conduttori di terra che rispettino le sezioni minime stabilite dalla Norma CEI 64/8.

In particolare indicando con S_F la sezione del conduttore di fase e con S_T la sezione minima del conduttore di terra deve essere verificato che:

SEZIONE CONDUTTORE DI FASE S_F (MM ²)	SEZIONE CONDUTTORE DI TERRA S_T (MM ²)
$S_F < 16$	$S_T = S_F$
$16 \leq S_F \leq 35$	$S_T = 16$
$S_F > 35$	$S_T = S_F / 2$
VALORI APPROSSIMATI PER ECCESSO	

Per il dispersore di terra attorno alle cabine di Trasformazione ngna si utilizzerà una corda di rame nudo e di spessore 35 mm² e quattro picchetti massicci in rame con diametro da 15 mm.

Il coordinamento delle protezioni differenziali con l'impianto di terra sarà realizzato in base alla norma CEI 64-8 che prescrive il soddisfacimento della seguente relazione:

$$I_a \leq U_0 / Z_s$$

Dove I_a è la corrente che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito (corrente differenziale nominale del dispositivo), U_0 è il valore efficace tra fase e terra della tensione nominale, pari alla tensione di fase essendo il neutro a terra, Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto comprendente la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente. Per il calcolo di Z_s si fa riferimento alla seguente formula:

$$Z_s = \sqrt{(R_s + R_F + R_{PE})^2 + (X_s + X_F + X_{PE})^2}$$

Dove R_s e X_s sono la resistenza e la reattanza della sorgente, considerata come un generatore di tensione equivalente di forza elettromotrice U_0 , R_F e X_F sono la resistenza e la reattanza del conduttore di fase fino al punto di guasto, R_{PE} e X_{PE} sono la resistenza e la reattanza del conduttore di protezione fino al punto di guasto. Operativamente occorre scegliere i dispositivi differenziali in maniera tale che la loro corrente di apertura sia sempre minore o uguale alla corrente di dispersione in grado di

circolare lungo l'anello di guasto. Per il calcolo effettivo delle correnti di dispersione si rimanda alla fase di progetto esecutivo in cui si avranno informazioni più precise riguardo l'impedenza delle sorgenti in esame.

6. Contributo alla corrente di corto circuito.

L'impianto fotovoltaico si assume essere un generatore di corrente. In caso di corto circuito, conformemente alle caratteristiche dei moduli utilizzati, l'impianto dal lato C.C. produrrà al massimo il 10% in più della sua corrente nominale. In caso di cortocircuito di rete, abbassandosi la tensione, sia le protezioni di interfaccia degli inverter che la protezione di interfaccia generale interverranno in tempi brevissimi, non consentendo di sostenere la corrente di cortocircuito agli inverter.

La corrente di cortocircuito sul lato MT si calcola invece considerando:

- Un aumento del 50% della corrente nominale dell'inverter lato AC durante il transitorio. Sul lato in bassa tensione il contributo è quindi pari a $120 + 60 = 180$ A
- Che gli inverter non possono erogare più della potenza producibile dal lato FV decurtata delle opportune perdite.
- Una potenza nominale degli inverter di 82.2 kVA lato AC.
- Che gli inverter lavorano a fattore di potenza prossimo all'unità.

All'ingresso del trasformatore, supponendo un guasto su tutti gli inverter collegati ad esso, si avrebbe una corrente di corto circuito massimo pari a $180 \times 4 = 720$ A

All'uscita del trasformatore la corrente di cortocircuito presunta erogata dal generatore varrebbe quindi:

$$I_{ccout} = I_{ccin} * 1,73 \cdot V_1 / V_2 = 720 * 1,73 * 400 / 20.000 = 24,91 \text{ A}$$

7. Valutazione preventiva di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

L'apporto di un impianto fotovoltaico in esercizio ai valori di campo elettrico e induzione magnetica normalmente presenti nell'ambiente si considera marginale. Gli apparati che costituiscono l'impianto fotovoltaico sono rispondenti ai requisiti normativi in materia di compatibilità elettromagnetica in accordo agli articoli 7, 9, 10 e 11 del DLgs n°194/2007. I certificati dei Costruttori in materia di compatibilità elettromagnetica verranno allegati per tutti i componenti in fase di progettazione esecutiva. I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue per cui la generazione di

campi variabili può essere limitata solamente a dei brevi transitori. Per tale componente non sono quindi previste prove di compatibilità elettromagnetica. Il modello di inverter scelto possiede le necessarie certificazioni di immunità dai disturbi elettromagnetici esterni e di ridotta emissione di interferenze elettromagnetiche verso altri dispositivi elettronici vicini.

La presenza dei cavi di media tensione schermati e interrati non rappresenta una fonte di emissione apprezzabile, in più, la mutua induzione provocata dalla vicinanza dei conduttori delle linee in cavo riduce il campo magnetico a valori prossimi allo zero. Infine, l'ubicazione dei trasformatori BT/MT fa sì che anche il suo contributo ai fini dell'inquinamento elettromagnetico possa venire ignorato.

8. Caratteristiche del sistema di misura dell'energia

I dispositivi di misura dell'energia saranno richiesti ad E-Distribuzione S.p.a. in fase di allacciamento dell'impianto e saranno pertanto conformi alle specifiche indicate nella CEI 0-16 secondo la vigente edizione. In particolare si installerà un contatore unidirezionale per la misura dell'energia immessa in rete subito dopo il dispositivo generale.

9. Punto di immissione dell'energia

L'impianto sarà allacciato alla rete di Distribuzione MT 20 kV in regime di scambio sul posto tramite la cabina di Consegna a servizio del capannone industriale.

10. Verifiche tecnico funzionali

La verifica tecnico-funzionale dell'impianto consiste nel verificare la continuità elettrica e le connessioni tra moduli, la messa a terra di masse e scaricatori, l'isolamento dei circuiti elettrici dalle masse, il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.)

Inoltre vanno verificate le condizioni

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

ove: P_{cc} è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%, P_{nom} è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico; I è l'irraggiamento (in W/m^2) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3% (classe 1°), I_{STC} pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni standard

$$P_{ca} > 0,9 * P_{cc},$$

ove: P_{ca} è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;

$$P_{ca} > 0,75 * P_{nom} * I / I_{ST}$$

Muro Leccese, giugno 2022

Il tecnico

Ing. Antonio PERRONE