



MINISTERO DELLA
TRANSIZIONE ECOLOGICA



REGIONE PUGLIA

COMUNE di MANFREDONIA

| | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|--|------------------|---|-----------------|--|
| Progettazione e Coordinamento | Progettazione Elettromeccanica | Ing. Giovanni Cis Tel. 349 0737323 E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu | | | | | |
| Studio Ambientale | Progettazione Strutturale | Ing. Leo Baldo Petitti Tel. 329 1145542 E-Mail: leobaldo.petitti@ingpec.eu | | | | | |
| Studio Naturalistico | Dott. Forestale Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it | Studio Archeologico | | | | | |
| Studio Geologico | Dott. Pasquale G. Longo Via Pescasseroli 13 66100 Chieti | Studio Agronomico | Dott. N. D'Errico Via Goito 8 71017 Torremaggiore (FG) | Studio Idraulico | Ing. A.L. Giordano Tel. +39 346.6330966 - E-Mail: lauragiordano.ing@gmail.com | Studio Acustico | Arch. Marianna Denora Via Savona 3 70022 Altamura (BA) |
| Proponente | Via Aterno, 108 66020 San Giovanni Teatino (CH) - P.IVA 04217120718 | | | EPC | Via Aterno, 108 66020 San Giovanni Teatino (CH) - P.IVA 04217120718 | | |
| Opera | PROGETTO PER UN IMPIANTO DI PRODUZIONE AGROVOLTAICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "BORGHO FONTE ROSA - MACCHIA ROTONDA" | | | | | | |
| Oggetto | Folder ODPYOW1_Progetto definitivo.zip | | | | | | |
| | Nome file ODPYOW1_PD_R32_Rev0_Calcolo_cadute_tensione | | | | | | |
| | Descrizione elaborato Calcolo delle cadute di tensione | | | | ELABORATO R 32 | | |
| 00 | NOVEMBRE 2021 | Emissione per progetto definitivo: presentazione V.I.A. statale | | Ing. G. CIS | Ing. G. CIS | IPC PUGLIA | |
| Rev. | Data | Oggetto della revisione: | | Elaborazione | Verifica | Approvazione | |
| Scala: | | | | | | | |
| Formato: | Codice Pratica | | ODPYOW1 | | | | |

1 Premessa

L'intervento consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici, da installare nell'ambito del territorio comunale di Manfredonia in provincia di Foggia.

L'impianto sarà costituito da 50.610 moduli fotovoltaici, montati su strutture metalliche per inseguimento mono-assiale, distribuite su 5 aree diverse con superficie complessiva di circa 40,57 ha.

La realizzazione prevede inoltre un complesso di opere di connessione con n. 11 cabine di trasformazione BT/MT con inclusi gli inverter per conversione corrente da continua ad alternata ed una cabina MT/AT del Produttore, che verrà connessa al sistema 150 kV della stazione di Manfredonia di TERNA Spa (Preventivo TERNA 201800562).

La potenza di picco complessiva dell'impianto sarà pari a circa 28,089 MWp; ipotizzando una insolazione media annua di 1.900 ore darà luogo a una produzione totale di circa 53.369.100 kWh.

I terreni dove è stato localizzato il nuovo parco fotovoltaico, sono situati a sud ovest del centro abitato di Foggia in località Contrada Macchia Rotonda in prossimità della frazione di Borgo Mezzanone e sono attualmente utilizzati principalmente per la coltivazione agricola.

Oggetto della presente relazione tecnica è il calcolo in via previsionale delle cadute di tensione degli elettrodotti interrati in MT che fanno parte delle opere elettriche di utenza per la produzione e per la connessione alla RTN dell'impianto fotovoltaico.

2 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento cui ci si attiene nella progettazione dell'impianto è la seguente:

- Norme CEI/IEC CEI 0-21 ALLEGATO a70 TERNA
- Norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale
- Norme CEI/IEC per i moduli fotovoltaici (Norma CEI EN 61277 – Norma CEI EN 61173 protezione sovratensioni)
- UNI 10349 per il dimensionamento del generatore fotovoltaico
- Conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici ed il gruppo di conversione
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e d'ancoraggio dei moduli fotovoltaici
- Si richiamano in particolare le Norme EN 60439-1 e IEC 438 per i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto d'armoniche e disturbi indotti sulla rete dal gruppo di conversione, le norme CEI 110-1, CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (ECM) e la limitazione delle emissioni in RF
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;

- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;

Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni ci si attiene a:

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 - Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro
- D.Lgs. 81/08 - (POS)
- Disposizioni del D.Lgs. 528/99

Per quel che concerne il collegamento in rete e l'esercizio dell'impianto si seguiranno le:

- Norme CEI EN 61724 per la misura e acquisizione dati
- Norma CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica
- Norma CEI EN 61727 per l'interfaccia di raccordo alla rete
- Legge 133/99, art.10 comma 7 per gli aspetti fiscali
- Decreto legge 28/07/05 "Conto Energia" e sue successive modificazioni – DL 19 - Febbraio '07 e AEEG 88/07, 89/07 e 90/07
- Delibera AEEG 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).
- Del. AEEG ARG/elt n. 205/08 - 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).

Per le verifiche statiche delle strutture di sostegno ci si attiene inoltre a:

- D.M. 14 Settembre 2005 Testo unico delle Norme Tecniche delle costruzioni e s.m.i.
- Legge 1086/71 (Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica);
- Legge 64/74 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche).

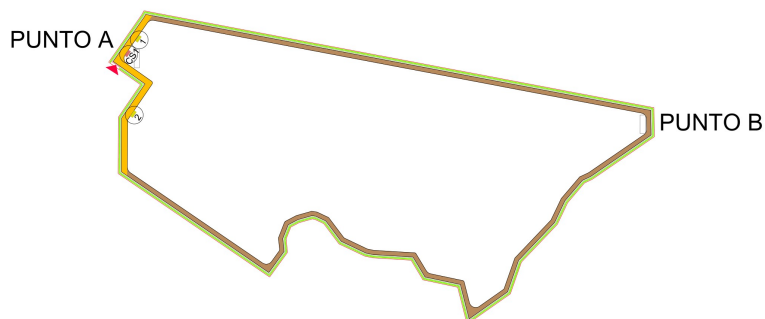
I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

3 Calcolo cadute di tensione

Il calcolo della caduta di tensione verrà effettuato sul pannello più lontano, certi che così facendo tutti gli altri avranno sicuramente una caduta di tensione inferiore.

Sulla mappa è rappresentata la posizione del pannello più lontano (**punto A**) e la cabina di smistamento da cui partirà il quadro di MT per l'ingresso nel trasformatore MT/AT (**punto B**) per un totale di 698 mt.

Il calcolo della caduta di tensione dovrà dimensionare i cavi in maniera tale che la somma di tutte le cadute di tensione, sia in ca che in cc sia inferiore al 2,5%.



3.1 Metodo di calcolo linee in Corrente Continua

Il calcolo della caduta di tensione nelle linee in corrente continua è stato effettuato con la seguente formula semplificata:

$$\text{Caduta di tensione } [\Delta V] \quad \Delta V = K \times I_{mpp} \times L \times R / 1000 \quad \text{dove:}$$

$$K = 2$$

$$I_{mpp} = \text{Corrente di uscita massima (A)}$$

$$L = \text{Lunghezza della linea (m)} \quad R = \text{Resistenza specifica dei cavi unificati } (\Omega/\text{m})$$

I valori di R sono stati estrapolati dalla tabella UNEL 35023-70 per le sezioni nominali utilizzate nel calcolo, i cui valori sono considerati applicabili con approssimazione accettabile nella pratica, per tutti i tipi di cavi per energia, rigidi, semirigidi o flessibili, isolati con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico aventi temperature caratteristiche sino a 90°C e rispondenti alle vigenti Norme CEI per cavi di energia con grado d'isolamento sino a 4 compreso.

La caduta di tensione così ottenuta è stata rapportata alla tensione di uscita massima, per ottenere la caduta di tensione in percentuale con la seguente formula:

$$\text{Caduta di tensione percentuale } [\Delta V\%] \quad \Delta V\% = (\Delta V / V_{mp}) \%$$

Tutte le sezioni di cavi in corrente continua risultano inferiori al 2%, e quindi ampiamente al di sotto del limite del 4% consigliato in fase di progetto dalla Norma CEI 64.8.

3.1 Metodo di calcolo linee in Corrente Alternata

Il calcolo della caduta di tensione nelle linee in corrente alternata è stato effettuato con la seguente formula semplificata:

$$\text{Caduta di tensione } [\Delta V] \quad \Delta V = K \times I_{mpp} \times L \times R / 1000 \quad \text{dove:}$$

$$K = 2 \text{ (trifase); } 1,73 \text{ (monofase)}$$

$$I_{mpp} = \text{Corrente di uscita massima dall'inverter (A)}$$

$$L = \text{Lunghezza della linea (m)} \quad R = \text{Resistenza spec. cavi} = r_L \cdot \cos\varphi + x_L \cdot \sin\varphi \text{ } (\Omega/\text{m})$$

I valori di $r_L \cdot \cos\varphi$ e $x_L \cdot \sin\varphi$ sono stati estrapolati dalla tabella UNEL 35023-70 per le sezioni nominali utilizzate nel calcolo, i cui valori sono considerati applicabili con approssimazione accettabile nella pratica, per tutti i tipi di cavi per energia, rigidi, semirigidi o flessibili, isolati con le varie qualità di gomma o di materiale termoplastico aventi temperature caratteristiche sino a 90°C e rispondenti alle vigenti Norme CEI per cavi di energia con grado d'isolamento sino a 4 compreso.

La caduta di tensione così ottenuta è stata rapportata alla tensione di uscita massima, per ottenere la caduta di tensione in percentuale con la seguente formula:

$$\text{Caduta di tensione percentuale } [\Delta V\%] \quad \Delta V\% = (\Delta V / V_{mp}) \%$$

Tutte le sezioni di cavi in corrente continua risultano inferiori al 2%, e quindi ampiamente al di sotto del limite del 4% consigliato in fase di progetto dalla Norma CEI 64.8.

4 Sezioni dei cavi elettrici e cadute di tensione linee CC e CA

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21M21 1,8 kVdc/1,2 kVac, per le linee in corrente continua in cavi unipolari con o senza guaina posati in tubi protettivi circolari su pareti in legno o muratura, raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi
- Tipo FG7OM1 per le linee in corrente alternata su mensole o passerelle in filo d'acciaio orizzontali o verticali, raggruppati in aria, su una superficie, incassati o racchiusi

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Con le modalità di calcolo illustrate nel paragrafo precedente sono state determinate le sezioni dei cavi, e le relative cadute di tensione, per ciascuna linea costituente l'impianto elettrico, dal campo fotovoltaico al Quadro di derivazione utenze, collocato subito a monte e in prossimità del Quadro generale esistente.

Per tutte le sezioni la caduta di tensione risulta inferiore al 2%, e quindi ampiamente al di sotto del limite del 4% consigliato in fase di progetto dalla Norma CEI 64.8.

Di seguito vengono riportate, per ciascuna linea, le sezioni di cavo assegnate e le cadute di tensione per ciascuna linea:

CABLAGGIO STRINGA

- Massima distanza: 30 m
- Tipologia di cavo e formazione: FG21M21 1x4 mmq
- Potenza nominale: 16.650 W
- Corrente $I_b=I_{sc}$: 17,45 A
- Lunghezza effettiva cavo: 30 m
- Decremento percentuale di potenza: **0,202 %**
[1,930 V]

STRINGA- Q.CAMPO (STRINGBOX)

- Massima distanza: 42 m
- Tipologia di cavo e formazione: FG21M21 1x8 mmq
- Potenza nominale: 14.000 W
- Corrente $I_b=I_{sc}$: 11,12 A
- Lunghezza effettiva cavo: 315 m
- Decremento percentuale di potenza: **1,070 %**
[10,203 V]

Q.CAMPO(STRINGCOMB) – PVI STATION

- Massima distanza: 185 m
- Tipologia di cavo e formazione: FG21M21 1x200 mmq
- Potenza nominale: 399.699 W
- Corrente d'impiego: 418,80 A
- Lunghezza effettiva cavo: 338 m
- Decremento percentuale di potenza: **0,665%**
[6,346 V]

Decremento complessivo Lato corrente continua: **1,940 % < 2 %**

PVI STATION - QUADRI MT

- Massima distanza: 1.875 m
- Tipologia di cavo e formazione: FG21M21 1x240 mmq
- Potenza nominale: 3.800.000 W
- Corrente d'impiego: 418,80 A
- Lunghezza effettiva cavo: 5.614 m
- Decremento percentuale di potenza: **0,40 %**
[79,11 V] A

CALCOLO CADUTA DI TENSIONE TOTALE = 2,34 % < 2,5%